

ANÁLISIS DE FAVORABILIDAD DE LA REDUCCIÓN DE LA BRECHA DE
BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA

KAROL DAYAN REY PORRAS

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
ALTERNATIVA TRABAJO DE AUXILIAR DE INVESTIGACION
BOGOTA
2020

ANÁLISIS DE FAVORABILIDAD DE LA REDUCCIÓN DE LA BRECHA DE
BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA

KAROL DAYAN REY PORRAS

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Directora

CRISTINA GONZALEZ

Ingeniera Industrial

Codirector

MAURICIO BECERRA

Ingeniero Industrial

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
ALTERNATIVA TRABAJO DE AUXILIAR DE INVESTIGACION
BOGOTA
2020



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, 11, junio, 2020

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a la memoria de mi madre, con profundo cariño y gran agradecimiento que me formó con carácter y valores hasta ingresar a mi carrera profesional y me brindó todo lo necesario para ser una gran mujer.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mi familia por acompañarme en el proceso de desarrollar este proyecto, a los docentes, quienes me han apoyado y prestado ayuda en este proceso pues de otra forma no habría sido posible.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	
1.GENERALIDADES	18
1.1 ANTECEDENTES	¡Error! Marcador no definido.
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
1.2.1 Descripción del problema.	26
1.2.2 Formulación del problema.	27
1.3 OBJETIVOS	27
1.3.1 General	27
1.3.2 Específicos	28
1.4 JUSTIFICACIÓN	28
1.5 DELIMITACIÓN	32
1.5.1 Espacio.	32
1.5.2 Tiempo.	32
1.5.3 Contenido.	32
1.5.4 Alcance.	32
1.6 MARCO REFERENCIAL	33
1.6.1 Cadena productiva.	33
1.6.2 Cadena de suministro.	34
1.6.3 Cadena logística.	35
1.6.4 Energías Alternativas.	35
1.6.5 Obtención de biocombustibles.	36
1.7 METODOLOGÍA	37
1.7.1 Tipo de estudio.	37
1.7.2 Fuentes de información.	37
1.8 DISEÑO METODOLÓGICO	37
2.CADENA PRODUCTIVA DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA.	39
2.1 NORMATIVAS APLICADAS POR PARTE DEL GOBIERNO COLOMBIANO	40
2.2 PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA	41

2.3 LA IMPORTANCIA DEL CICLO DE VIDA	47
2.4 RECURSO HÍDRICO	48
2.5 RECURSOS DE SUELOS	49
2.6 AFECTACIONES SOBRE LA BIODIVERSIDAD	49
2.7 SEGURIDAD ALIMENTARIA	50
2.8 CADENA DE SUMINISTRO	50
2.9 OPORTUNIDADES	52
2.10 PANORAMA RESULTADO	53
3. BIOCOMBUSTIBLES EN EL MUNDO	54
3.1 CRITERIOS DE EVALUACIÓN	55
3.1.1 Demanda.	56
3.1.2 Producción.	58
3.1.3 Precio.	59
3.1.4 Políticas Nacionales.	60
3.2 PAÍSES DE REFERENCIA	61
3.2.1 Estados Unidos.	61
3.2.2 Brasil.	61
3.2.3 Indonesia.	62
3.2.4 Alemania.	63
3.2.5 China.	63
3.2.6 Francia.	64
3.2.7 Argentina.	65
3.2.8 Países Bajos.	65
3.2.9 España.	66
3.2.10 Canadá.	67
3.2.11 India.	67
3.3 LIMITACIONES	68
4. ANÁLISIS DE FAVORABILIDAD	70
4.1 LOS CAMBIOS DIRECTOS E INDIRECTOS DEL USO DE LA TIERRA QUE CONLLEVA LA EXPANSIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES.	71

4.2 EVIDENCIA DE CAMBIOS GENERADOS POR EXPANSIÓN INDISCRIMINADA DE CAÑA DE AZÚCAR EN BRASIL	71
4.3 EVIDENCIA DE CAMBIOS GENERADOS POR EXPANSIÓN INDISCRIMINADA DE SOJA EN ARGENTINA	72
4.4 EVIDENCIA DE CAMBIOS GENERADOS POR PALMA DE ACEITE EN DIFERENTES PAÍSES PRODUCTORES	72
4.5 EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO (GEI) COMO IMPACTO DE CAMBIOS INDIRECTOS	74
4.6 EL AGUA PREDESTINADA A PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES	75
4.7 LOS IMPACTOS PARA LOS SERVICIOS ECO SISTÉMICOS PROCEDENTES DEL AGUA	76
4.8 MATRIZ DOFA	78
4.9 ANÁLISIS DOFA	79
4.10 MATRIZ VESTER	84
4.11 ANÁLISIS MATRIZ VESTER	87
4.12 CUADRANTES DE LA MATRIZ VESTER	88
4.13 MATRIZ DE VESTER VS MATRIZ DOFA	89
5. CONCLUSIONES	90
6. RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFIA	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la producción de biocombustibles
y principales materias primas

55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Contenido energético de la caña de azúcar	21
Figura 2. Productos y subproductos de la caña de azúcar	21
Figura 3. Clasificación de las energías alternativas.	36
Figura 4. Tipos de biocombustibles	36
Figura 5. Proceso de obtención de biocombustibles	37
Figura 6. Demanda Nacional de Alcohol Carburante (Etanol)	41
Figura 7. Etanol anhidro de caña	42
Figura 8. Distribución del porcentaje de mezcla de alcohol carburante en el territorio nacional	43
Figura 9. Demanda Nacional de Biodiesel	44
Figura 10. Biodiesel de palma de aceite	45
Figura 11. Distribución del porcentaje de mezcla de biodiesel en el territorio nacional	46
Figura 12. Análisis del ciclo vital para los balances de gases de efecto invernadero.	47
Figura 13. Necesidades de agua para cultivos de biocombustibles	48
Figura 14. Cadena de suministro de biocombustibles	51
Figura 15. Distribución porcentual de la producción mundial de biocombustibles	54
Figura 16. Evolución de la demanda de biocombustibles en las principales regiones	57
Figura 17. Desarrollo del mercado mundial de etanol	57
Figura 18. Porcentaje de materias primas utilizadas para la producción de biocombustibles.	58

Figura 19. Producción mundial de biocombustibles de materias primas tradicionales y avanzadas	59
Figura 20. Evolución de los precios de los biocombustibles y de las materias primas para biocombustibles	60
Figura 21. Requerimientos preliminares de algunas materias primas empleadas para la obtención de biocombustibles	70
Figura 22. Plano cartesiano obtenido de graficar la matriz Vester.	87
Figura 23. Árbol de problemas	87

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Pasos a llevar a cabo en la metodología del proyecto	38
Cuadro 2. Desarrollo en biocombustibles de países de referencia	69
Cuadro 3. Matriz DOFA.	83
Cuadro 4. Matriz Vester	86

GLOSARIO

ALCOHOL: derivado hidrocarburo en el que se ha sustituido uno o más hidrógenos por un grupo OH.

COMBUSTIBLE: todo cuerpo que es capaz de transformarse desprendiendo calor y en ocasiones luz. Los combustibles tienen carbono e hidrogeno fundamentalmente, además oxígeno, nitrógeno y sales minerales; pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos.

COMBUSTIBLE FÓSIL: es el que se ha producido tras un periodo de millones de años de fosilización de materia organica descompuesta: carbón, petróleo y gas natural. Son recursos finitos y fuente principal de contaminación.

CONTAMINACIÓN: en general es toda presencia en cuerpos extraños en la composición de los elementos de la tierra.

DIÓXIDO DE CARBONO: compuesto gaseoso CO₂ que se encuentra como componente normal en la atmosfera terrestre.

EMISIÓN: la directiva 96/61 CE sobre prevención y control integrados de la polución (IPPC) Define la emisión como “la expulsión a la atmosfera, al agua o al suelo de sustancias, vibraciones, ruido, procedentes de forma directa o indirecta de fuentes puntuales o difusas de la instalación.

ENERGÍA: capacidad de la materia para producir trabajo.

ETANOL: es un alcohol primario, conocido como alcohol de grano (alcohol de vino) Fórmula: CH₃ CH₂ OH. Etanol o Alcohol etílico punto de ebullición 78,5°C.

GRUPO FUNCIONAL HIDROXILO: el grupo funcional que caracteriza a los alcoholes es el grupo hidroxilo este determina las propiedades físicas y químicas de los alcoholes, en concepto científico el alcohol tiene un comportamiento ideal, la solubilidad en el agua de los alcoholes de bajo peso molecular, propiedad que hace que los alcoholes sean buenos disolventes para muchas reacciones.

INDUSTRIA: conjunto de las operaciones materiales que sirven para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales, definición esta válida para el uso que del término “industria” se hace la legislación relativa al medio ambiente.

MATERIA PRIMA: material que ha sido obtenido de una fuente natural y que no ha sido aún procesada o transformada en forma alguna para cumplir un uso específico.

MATERIAL RESIDUAL: es aquel que inevitablemente aparece durante la fabricación o uso de un producto.

MEDIO AMBIENTE: se considera un conjunto para un momento dado de todas las condiciones e influjos bajo las cuales está un sujeto u objeto.

NORMATIVA FISCAL: la normativa fiscal en materia ambiental debe contemplar estas líneas de trabajo:

- Regulación directa, fijando límites legales
- Tasa por prestación de servicios
- Cánones o impuestos ambientales
- Subvenciones
- Estímulos fiscales
- Bonos de contaminación
- Sistema de caución-reembolso
- Títulos de contaminación

PETRÓLEO: el petróleo es una mezcla de hidrocarburos y de otros componentes de carbono e hidrogeno y, en menor cantidad, de azufre, de nitrógeno, de oxígeno y con la presencia de otros elementos. Se encuentra en depósitos subterráneos en estado líquido, impregnando rocas permeables y porosas, generalmente sometido a fuertes presiones.

PRODUCTO: es un bien vendible que ha sido intencionalmente elaborado para uso en una aplicación específica o diseñada y que cumple una expectativa implícita u obligatoria.

TEMPERATURA: variable termodinámica que caracteriza el estado de un cuerpo. Es el indicativo del nivel de energía calorífica que tiene el cuerpo y la capacidad de este para transferirla.

ANALISIS DE FAVORABILIDAD DE LA REDUCCION DE LA BRECHA DE BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA

Resumen.

El presente proyecto busca determinar la favorabilidad de la reducción de la brecha de biocombustibles en Colombia con respecto a la industria, a partir de investigaciones que permitan identificar el estado actual del país frente a biocombustibles, basadas en el impacto ambiental, desarrollo económico e incidencia en la sostenibilidad para disminuir el consumo de combustibles fósiles o migrar a energías sostenibles, bajo un análisis cualitativo de los posibles escenarios se obtienen diferentes problemáticas que afectan al país de tomar esta medida, el proyecto establece las necesidades que requiere un sistema de implementación de biocombustibles en el país a gran escala y las debilidades que se encuentran frente a estas.

Palabras clave: Colombia, Cadena productiva, Biocombustibles, Etanol, Biodiésel.

Abstract.

This project seeks to determine the favorability of reducing Colombia's biofuel gap with respect to the industry, based on research to identify the country's current state of biofuels, based on environmental impact, development and sustainability impact to reduce fossil fuel consumption or migrate to sustainable energies, under a qualitative analysis of the possible scenarios, different problems that affect the country of taking this measure are obtained, the project establishes the needs that a system of implementation of biofuel in the country on great scale requires and the weaknesses that are in front of these.

Keywords: Colombia, Productive chain, Biofuels, Ethanol, Biodiesel

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo responde a la alternativa de grado, asistente de investigación de semillero, que cumple como requisito a optar por el título profesional, en este se busca determinar la favorabilidad de la reducción de la brecha de biocombustibles en Colombia con respecto a la industria, la cual se desarrolla a partir de la problemática que aqueja la situación actual del país en lo que refiere a combustibles fósiles y el interés de migrar a energías limpias y economía sostenible.

Para ello se identifica el estado actual de la agroindustria en cuanto a los biocombustibles el cual será desarrollado en el primer capítulo y da respuesta al primer objetivo planteado, con este se busca resaltar oportunidades e incidencias del sector por medio de herramientas de investigación y consulta.

En el segundo capítulo se compara el sector de los biocombustibles entre Colombia y países de referencia, estableciendo criterios en el tercer capítulo, los cuales están implicados en antecedentes de países que han ingresado al uso de biocombustibles permitiendo evaluar la favorabilidad de reducir la brecha de biocombustibles en Colombia, estos se han considerado imprescindibles y orientativos para llevar a cabo el desarrollo de la matriz de Vester, herramienta para jerarquizar problemas y de la matriz DOFA que permite analizar factores internos y externos de la problemática, luego de los diferentes análisis obtenidos se reconocen avance, desarrollo, limitaciones e incidencia en la sostenibilidad que conlleva reducir la brecha de biocombustibles en el país.

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Se evalúa el ciclo de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia, teniendo en cuenta el impacto ambiental promedio de la cadena de producción de estos, a través de análisis de estudios previos, algunos de estos toman en cuenta a Brasil como precursor de biocombustibles en el mundo. La industria de biocombustibles en Colombia puede continuar creciendo de manera sostenible, apalancando el desarrollo económico del país con viabilidad económica y desarrollo de las zonas de influencia.

A continuación, se relacionan los diferentes estudios previos que se han desarrollado en torno a la problemática mencionada, presentados en artículos de investigación y se presenta su respectiva contextualización.

El objetivo principal del gobierno de Brasil ha sido ascendente en la industria del etanol para ello ha desarrollado diferentes iniciativas y proyectos que han culminado en grandes avances con respecto al desarrollo económico, ambiental y social para el país, por lo que se refiere a importantes incentivos para la industria del etanol, compras garantizadas por la petrolera estatal brasileña Petrobras a productores, préstamos a bajo interés para las compañías de etanol agroindustriales, fijar los precios de la gasolina, todo esto entorno a el etanol hidratado en la economía del país.

Todos estos aportes se evidencian en el siguiente artículo “Biofuels: Facing the new environmental challenges.”¹ “(Biocombustibles: Enfrentando los nuevos desafíos medioambientales), donde también se afirma que existe una creciente demanda para la utilización de maíz o insumos agrícolas para la producción de etanol, además de la creciente necesidad de utilizar el cultivo para el consumo humano, por ello podría existir una descompensación ante el uso alimentario.

A partir de la crisis del petróleo de 1973, el gobierno de Brasil promovió el etanol como un combustible, proporcionando una serie de importantes incentivos para la industria del etanol. Ya no hay vehículos en Brasil que funcionan con gasolina pura, reduciendo la cantidad de contaminación de los automóviles.

Desde finales de la década de 1970 el gobierno hizo un requisito obligatorio para mezclar 20% de etanol (E20) con la gasolina, lo que requiere sólo un pequeño ajuste en motores de gasolina regular. Hoy la mezcla es obligatoria en todo el país pueden variar entre el 20% y el 25% de etanol (E25), y es utilizado por todos los vehículos de gasolina regular, más de tres millones de coches

¹ Global Derivates Magazine. Biofuels: Facing the new environmental challenges. FOW: The Global Derivates Magazine, 2008. p.22.

que funcionan en un 100% de etanol anhidro, o dual y 5 millones de vehículos de combustible flexible.

Existe un defecto fundamental en este plan de energía alternativa que está provocando críticas desde muchos sectores y ese es el efecto que tiene sobre la alimentación de cultivos tradicionalmente utilizados para el consumo de alimentos. La creciente demanda para la utilización de maíz para la producción de etanol, además de la creciente necesidad de utilizar el cultivo para el consumo humano (cada vez más desde zonas como China y México), ha llevado a algunos a preguntarse si la oferta será adecuada.

La demanda para utilización de etanol es uno de los factores que influyen en el aumento del precio del maíz como alimento, de acuerdo con un comerciante de productos básicos, también ha resultado el mismo comportamiento en el precio del ganado vivo en aumento.

En el artículo, "Bioenergy and Biorefineries for Sugar Cane and Oil Palm"² (Bioenergía y biorrefinerías para caña de azúcar y palma de aceite), se exponen las potenciales ventajas de la posible interacción de las biorrefinerías basadas en dos cultivos con gran recurso de biomasa: la caña de azúcar y la palma de aceite.

Inicialmente se explica el concepto de biorrefinería y su clasificación. Se hace énfasis en las consideraciones que se deben tener en una apreciación energética y económica. Se reseña a la productividad y el potencial energético de la caña de azúcar y la palma de aceite.

Posteriormente, se presenta la posible interacción entre biorrefinerías basadas en la palma de aceite y la caña de azúcar, a través de la producción de biodiésel de palma y el metanol de caña de azúcar.

En este caso, se explica como el análisis de ciclo de vida (ACV) y los indicadores energéticos y ambientales se integran en la evaluación de la sostenibilidad de este tipo de instalación industrial. Desde el punto de vista energético la biomasa se define como cualquier recurso renovable derivado de materia orgánica (origen animal o vegetal), producto de la fotosíntesis, que se puede utilizar en la producción de energía. Como economías emergentes de impacto global, Brasil y Colombia tienen un espacio muy importante en la búsqueda de la autosuficiencia energética, la producción de alimentos y la preservación del medio ambiente.

Brasil y Colombia tienen la oportunidad de convertirse en líderes mundiales en la producción de biocombustibles y electricidad en un mundo que se mueve hacia el futuro de las energías limpias. Sin embargo, los países desarrollados llevan a cabo importantes inversiones en Investigación y Desarrollo (I+D) de nuevos complejos industriales multiproducto-biorrefinerías.

² SILVA, Eduardo. ESCOBAR, Jose. GARCIA, Jesus. BARRERA, Juan. Bioenergy and Biorefineries for Sugar Cane and Oil Palm. Revista Palmas, 2016. p.15.

Actualmente el uso de residuos de caña de azúcar se debate entre la producción de electricidad o de biocombustibles de segunda generación (etanol lignocelulósico, butanol, metanol, etc.), así como productos químicos, alimento humano y animal.

A continuación, se presentan algunas definiciones del concepto de biorrefinería:

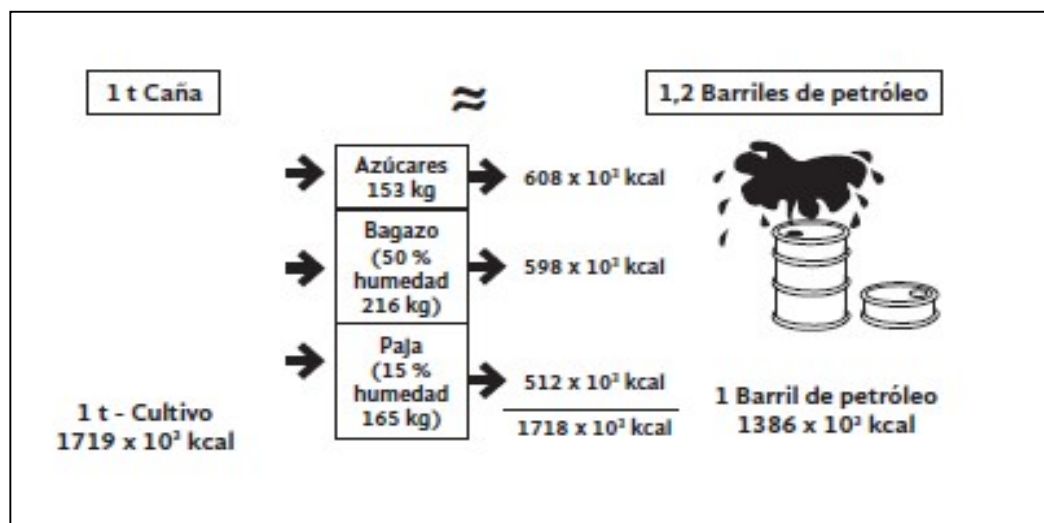
- Una biorrefinería se caracteriza por la conversión sostenible de biomasa en una gama de productos comerciales y energía. Por lo tanto, una biorrefinería puede estar constituida por un proceso, una planta o un conjunto de instalaciones.
- Una biorrefinería se puede definir como una instalación industrial que integra tecnologías de conversión de biomasa y procesos para la producción simultánea de combustibles, energía y productos químicos a partir de biomasa
- De acuerdo con la Red Holandesa de Biorrefinerías Bio2Value el término biorrefinería se refiere al fraccionamiento de la biomasa en varios productos separados que posiblemente se someten adicionalmente a procesamiento químico biológico, químico-físicos y/o térmicos, y a la separación. Por medio de la coproducción de productos químicos de alto valor agregado (por ejemplo, productos de química fina, productos farmacéuticos, polímeros), los costos de producción de vectores energéticos secundarios (por ejemplo, combustibles para el transporte, calor, potencia) potencialmente podrían llegar a ser competitivos en el mercado, especialmente cuando la biorrefinería se integra en industrias químicas, de materiales y energéticas existentes.

La caña de azúcar se compone principalmente de fibra y caldo en el que se disuelve la sacarosa. Después de la extracción de jugo de caña de azúcar en procesos de molienda y extracción, que recuperan la sacarosa, se obtiene como residuo fibroso el bagazo.

El contenido de fibra en la caña de azúcar varía alrededor de 15 % y el valor calorífico inferior del bagazo húmedo es de aproximadamente 9536,4 kJ/kg. En base energética 1 tonelada de caña de azúcar equivale aproximadamente a 1,2 barriles de petróleo (véase Figura 1), siendo que 58 % de la energía contenida en la caña está en forma de bagazo y paja.

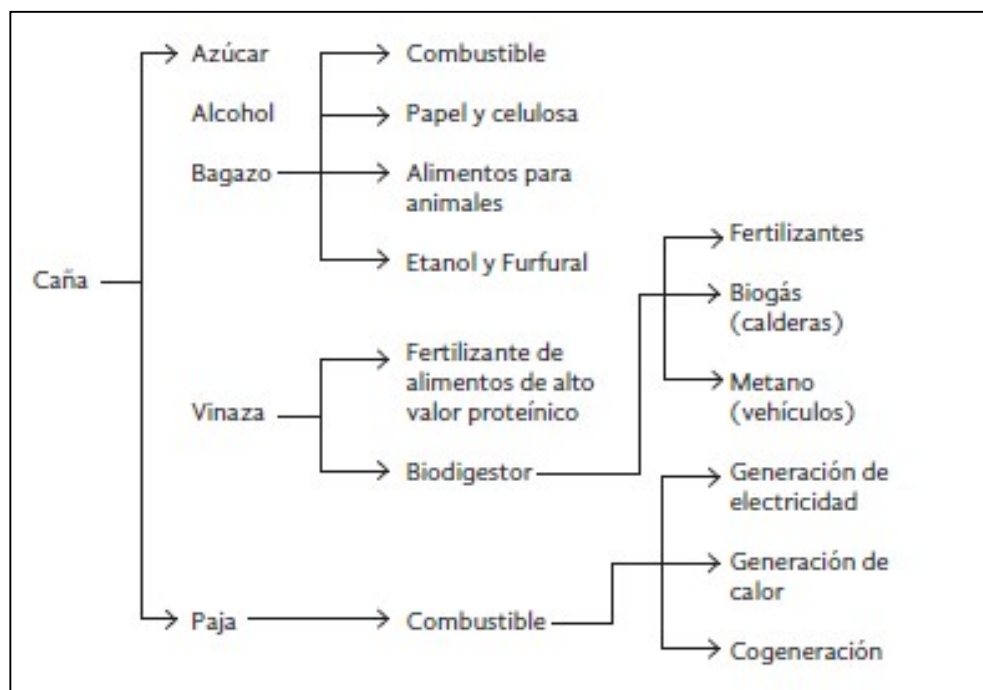
La energía proporcionada por los residuos de la caña de azúcar está en el rango de 218 a 324 GJ/ha en dependencia de la productividad de biomasa (total) por hectárea (80 y 120 t/ha respectivamente). Considerando apenas el bagazo de caña estos valores serían de 218 y 146 GJ/ha respectivamente.

Figura 1. Contenido energético de la caña de azúcar



Fuente. Bioenergy and Biorefineries for Sugar Cane and Oil Palm.En: Revista Palmas, 2016. p.12

Figura 2. Productos y subproductos de la caña de azúcar



Fuente. Bioenergy and Biorefineries for Sugar Cane and Oil Palm.En: Revista Palmas, 2016. p.12

La figura 2, (véase la Figura 2), muestra los principales productos y subproductos que se pueden obtener a partir de caña de azúcar.

La contaminación atmosférica resultante de la quema de la paja de caña de azúcar durante la cosecha, y su potencial energético, hacen que su uso sea una de las metas futuras de este sector.

La implementación de biorrefinerías a partir de complejos industriales existentes tiene potenciales ventajas energéticas, económicas y ambientales (aumento de la sostenibilidad). Los sectores de azúcar y alcohol a partir de la caña de azúcar y el del aceite de palma disponen de gran cantidad de residuos de biomasa y son potenciales candidatos para la implementación de biorrefinerías.

La interacción de conjuntos de biorrefinerías basados en caña de azúcar y en palma de aceite, a través del suministro de biometanol y biodiésel permitiría elevar considerablemente los indicadores de sostenibilidad de ambos sectores productivos.

Se ha planteado la posibilidad de integrar procesos y productos de biorrefinerías en búsqueda de aumentar el beneficio entre la caña de azúcar y la palma de aceite.

Como posible ventaja se ha contemplado:

- La reducción del consumo de productos de origen fósil con un fuerte input energético.
- El mejoramiento de los indicadores de sostenibilidad
- La reducción de costos de procesamiento.

El sector azucarero consume el 4 % de todo el diésel usado en Brasil. El sector de biodiésel en Brasil importa metanol por valor de 250M usd. Adicionalmente, desde el punto de vista del área ambiental, la implementación de estas tecnologías en los dos complejos de refinerías puede llegar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hasta en 20 %, comparado con procesos de producción convencionales que usan diésel y metanol fósiles.

Los biocombustibles, derivados de recursos biológicos renovables, son universalmente reconocidos como alternativas viables a los combustibles fósiles que alimentan motores de combustión interna automotriz. Se encontró en “Effects of Biofuels (methanol, Ethanol and Butanol) on Internal Combustion Engine Performance and Exhaust Emissions”³ (Efectos de los biocombustibles (metanol, etanol y butanol) sobre el rendimiento del motor de combustión interna y las emisiones de escape), artículo de investigación,

³ DE-XING, Peng. Effects of Biofuels (Methanol, Ethanol and Butanol) on Internal Combustion Engine Performance and Exhaust Emissions. Chemistry & Technology of Fuels & Oils, 2018. p.8.

que la adición de 2 wt (fracción en masa) % de metanol, butanol o etanol a las mezclas de combustible redujo las emisiones de escape en promedio en 4.15, 5.8 y 8.89%, respectivamente, en comparación con el diésel de ultra bajo contenido de azufre. La razón de la reducción de emisiones es la ausencia de azufre y ácido sulfúrico en las mezclas de biocombustibles.

El Biodiesel fue elegido para el estudio teniendo en cuenta la característica del biocombustible, las ventajas de renovabilidad y capacidad para reducir las emisiones nocivas a la atmósfera que se han convertido en una gran parte preferida del convenio de sustitución de combustibles, especialmente para el transporte público.

El uso de combustibles que contengan metanol puede reducir significativamente la liberación de componentes tóxicos. Aunque el metanol combustible, ha sido tradicionalmente utilizado en los motores de encendido por chispa, también ha sido considerado para su uso en motores diésel. El metanol puede ser utilizado en motores diésel, ya sea directamente o como biodiesel.

Debido a la formación de los enlaces entre las moléculas de hidrógeno, el punto de ebullición del metanol es más alto que el de la gasolina, metanol y, por consiguiente, tiene una mayor estabilidad en almacenamiento. En comparación con la gasolina, el metanol es menos tóxico, tiene un mayor número de octanos, haciéndola utilizable en el desarrollo de motores con mayores relaciones de compresión.

De todos los tipos conocidos de biocombustibles, es el combustible biodiesel y bio-alcoholes que son más adecuados para un uso práctico. Moléculas de etanol contienen grupos hidroxilo enlazados a un átomo de carbono, es decir que contienen oxígeno suficiente para apoyar la reacción de combustión. Por consiguiente, el uso de combustible que contenga etanol reduce las emisiones de los productos de la combustión.

El metanol, que tiene propiedades químicas similares a etanol, tiene varias ventajas cuando se usa como combustible: es más fácil la purificación, produce menos toxinas de escape corrosivas, tiene poca actividad, y tiene un mayor efecto en la mejora de la eficiencia del motor. Por otro lado, el etanol, el cual puede ser producido a partir de cultivos agrícolas a escala industrial en los sitios de procesamiento agrícola, es barato (en comparación con la gasolina), lo que reduce los costos de transporte.

El gobierno de Taiwán en todos los sentidos apoya la producción y uso del bioetanol. En la actualidad, el etanol se utiliza ampliamente como combustible en Brasil, Estados Unidos, Canadá y la India, donde el etanol se utiliza como aditivo en la gasolina para aumentar el octanaje. Se observó que el motor diésel con biocarburante reduce ligeramente la potencia de frenado eficaz y un ligero aumento del consumo de combustible. La combustión de biocombustibles no obtuvo ningún óxido de azufre o gran cantidad de dióxido de carbono.

El óptimo rendimiento del motor parámetros se logra cuando el contenido de etanol en el combustible es de alrededor de 15-20%, y en el 20% de etanol en la mezcla la eficaz potencia de frenado se incrementa en un 75%, las emisiones de gases de escape se reducen en un 48%, y la masa de sedimentos de hollín se reducen en un 51%. Asimismo, en el 15% de etanol en la mezcla, la eficacia de la fuerza de frenado aumenta un 3,6%, las emisiones de escape se redujeron en 33,3%, y la masa de los sedimentos de hollín se redujo en un 32,5%.

En promedio, el humo contenido para la mezcla que contenga 2 wt (fracción en masa). % de metanol, etanol y butanol se redujo en 4.15, 5.8 y 8.89%, respectivamente, en comparación con el combustible diésel puro. El biocombustible no contiene azufre y ácido sulfúrico, por lo tanto, las emisiones de humo disminuyen. Las mezclas que contengan 1-2 wt. % de biocombustibles mejoran significativamente los parámetros de combustión. Por ejemplo, en la presencia de aditivos de metanol, el contenido de oxígeno en el combustible es 5-8 wt. %, lo cual contribuye a lograr un alto grado de combustión y reduce efectivamente la formación de suspensión de partículas de carbono (hollín y humo).

Las emisiones de humo para diversas la composición de la mezcla de combustible: 1 - 2wt. % De metanol; 2-2 wt. % De etanol; 3-2 wt. % Butanol; 4- pura de ultra bajo contenido de azufre. Así pues, como resultado de los experimentos, se comprobó que el adicional de 2 wt. % De metanol, etanol y butanol ultra puro aditivo para combustible diésel de bajo azufre reduce el contenido del humo en los gases de escape por 4.15, 5.8 y 8.89%, respectivamente. Este es pues el biocombustible que no contiene azufre y ácido sulfúrico.

La principal contribución de este estudio es identificar cómo la teoría de la capacidad de absorción puede explicar tales impactos en el biocombustible brasileño exportaciones a través de la relación entre socios en los Estados Unidos y Brasil.

The "Indy way": lessons from brazilian sugar-cane biofuel supply chain⁴ (La "manera India": lecciones de la cadena brasileña de suministro de biocombustible de caña de azúcar). Este artículo explora cómo los procesadores brasileños de energía azucarera utilizaron las carreras de Indycar para aumentar las exportaciones a los Estados Unidos y crear valor transformando el Etanol brasileño de un combustible básico a un biocombustible avanzado, entre 2009 y 2012.

Este estudio de caso utiliza la relación de la industria brasileña de la caña de

⁴ SANTIAGO, Christian. MARQUES B. Janaina S. MARTINS S, Marcelo The "Indy way": lessons from brazilian sugar-cane biofuel supply chain. Sao Paulo: Journal of Operations and Supply Chain Management, 2017. p.12.

azúcar. La Asociación (UNICA), Agencia Brasileña de Promoción de Comercio e Inversión (APEX-Brasil), y la IndyCar Racing League (IRL), intervienen en este caso para mostrar la capacidad de aprender y rendir en un escenario competitivo. Son necesarias tres situaciones importantes para determinar el método de investigación, en el que se ajusta cualquier estudio, que son: forma de la pregunta de investigación, control de eventos conductuales y enfoques sobre eventos contemporáneos.

La teoría de la capacidad de absorción (ACAP) se utiliza para comprender cómo los procesadores brasileños azucareros identificaron, asimilaron, transformaron, y explotaron el conocimiento de esta relación, así como también cómo esta experiencia podría usarse en otras industrias. APEX Brasil es una agencia gubernamental que promueve brasileña productos y servicios, mientras que apunta a atraer Inversores extranjeros al país. IndyCar es el cuerpo responsable de administrar las 500 millas de Indianápolis, también conocido como Indy 500. Indy 500, con más de 100 años de existencia, es considerado el más magnífico espectáculo de autos de carrera en el mundo, con aproximadamente 300,000 personas que asisten al día de la carrera y millones de dólares en premios para los ganadores.

La recopilación de datos utilizó datos primarios y secundarios las fuentes primarias fueron las observaciones de los participantes y entrevistas. Observaciones de los participantes que ocurrieron entre 2008 y 2012 cuando dos de los investigadores tuvieron diferentes oportunidades para llegar a los participantes en el caso investigado. Ejemplos de estas observaciones que incluyen tres visitas al sitio en ingenios de caña de azúcar en Brasil, participación en 25 carreras de IndyCar en todo él se realizaron entrevistas en los EE. UU. Para garantizar la confiabilidad y evitar sesgos.

Se realizaron 12 entrevistas con diferentes representantes de este caso entre abril de 2016 y julio de 2017. El contexto utilizado fue la carrera de coches de Fórmula Indy. Ahí no es necesario llevar a cabo ningún control del comportamiento de los eventos, y se busca respuestas sobre cómo los hechos influyeron en los resultados de las empresas involucradas.

La convergencia de la evidencia proporciona lo siguiente discusión:

- 1 - Participación como proveedor de generar resultados de ganancias financieras para sus participantes.
- 2 - La relación alcanza un ambiente favorable para el desarrollo, entre los participantes, involucrando a las empresas y todas las fases del proceso, desde la adquisición, asimilación, transformación y explotación.

Los resultados se muestran en el aumento en el volumen de exportaciones (datos estatales del gobierno) y el comienzo de nuevas relaciones comerciales, abriendo las puertas para comenzar las relaciones comerciales. La combinación de los recursos permitió no solo el cumplimiento de objetivos propuestos, sino también aprendizaje de posibilidades inesperadas eso permitió nuevos negocios.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Descripción del problema.

Los biocombustibles figuran en la actualidad una fuente viable de energía renovable, además que podrían formar nuevos y grandes mercados para los productores agrícolas. No obstante, sólo algunos de los actuales programas de biocombustibles son factibles, y la mayoría implica altos costos sociales y sarcásticamente ambientales.

“Los efectos económicos, ambientales y sociales de los biocombustibles deben debatirse ampliamente y es necesario evaluarlos cuidadosamente Antes de extender el apoyo del sector público hacia programas de biocombustibles en gran escala. Las estrategias de los países respecto a los biocombustibles deben basarse en una evaluación minuciosa de estas oportunidades y costos a mediano y largo plazo”⁵.

“Hoy, el mundo busca diferentes alternativas para lograr resolver las crecientes dificultades que plantean su desarrollo, la alimentación de su población y en particular la alimentación de los países en vía de desarrollo. De igual manera, la creciente demanda energética vaticina a corto y mediano plazo el agotamiento de las reservas de hidrocarburos y complementariamente un notorio deterioro de los recursos naturales, en especial el agua, que está siendo contaminada y el suelo, erosionado (...)

Con el objetivo de prevenir cambios irreversibles y reducir el impacto de los gases invernadero sobre el clima del planeta, muchos países han decidido apostar a estrategias de diversificación de la producción de energía, utilizando fuentes renovables. La sustitución de combustibles derivados del petróleo por biocombustibles, permite una reducción en las emisiones de CO₂, generada por fuentes móviles, lo cual indica que los biocombustibles pueden significar una opción, no sin interrogantes. La nueva industria agro energética, a diferencia de la industria petrolera, implica una cadena productiva que impacta en forma más directa a los diferentes sectores de la economía, especialmente en lo referente a la generación de empleo, desarrollo agrícola y agroindustrial. La adición de los biocombustibles en las mezclas, mitiga parcialmente las necesidades de importación de hidrocarburos, lo que sustenta la política nacional de biocombustibles

⁵ SERNA, Fabiola. BARRERA, Luis. MONTIEL, Héctor. IMPACTO SOCIAL Y ECONOMICO EN EL USO DE BIOCOMBUSTIBLES. Journal of Technology Management & Innovation, 2011. p.1.

frente a la balanza comercial energética y, en algún grado define parámetros de seguridad a nivel de oferta. Valorar ese escenario de procesos de sustitución de la actual matriz energética por alternativas derivadas de productos vegetales es el propósito de este documento”⁶.

Actualmente, Colombia emite 237 millones de toneladas de dióxido de carbono y únicamente 17 departamentos del país se encargan de aportar el 75% de estos gases con efecto invernadero.

De acuerdo con el más reciente inventario entregado por el Ministerio de Ambiente y el Ideam, con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), los factores que más influyen a que el país esté generando 237 millones de toneladas de dióxido de carbono son: la deforestación, el agro, las industrias energéticas, el transporte, entre otras.⁷

La oportunidad de migrar a una economía sostenible está abierta, es necesario determinar la favorabilidad de la reducción de la brecha de los biocombustibles en Colombia teniendo como referencia las prácticas favorables de la industria de países que hoy utilizan otras energías, basadas en el impacto ambiental, desarrollo económico e incidencia en la sostenibilidad para disminuir el consumo de combustibles fósiles.

1.2.2 Formulación del problema.

Según lo anterior, la pregunta que va a ser resuelta en este proyecto es, ¿Cómo determinar la favorabilidad de la reducción de la brecha de biocombustibles con respecto a otros países de referencia?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Determinar la favorabilidad de la reducción de la brecha de biocombustibles en Colombia con respecto a países de referencia a partir de investigaciones sobre el estado actual del país frente a biocombustibles, basadas en el impacto ambiental, desarrollo económico e incidencia en la sostenibilidad para disminuir el consumo de combustibles fósiles.

⁶ CORTES, Elkin, A. VELASQUEZ, Héctor J. MORENO, Edilson L. BIOCMBUSTIBLES: BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS. Revista CES, 2011. p.1.

⁷ Caracol Radio Nacional. Colombia emite 237 millones de toneladas de dióxido de carbono. En: Caracol Radio, (Sept,2019). p.1.

1.3.2 Específicos

- Identificar el estado actual de la agroindustria en Colombia de la cadena productiva de los biocombustibles y las oportunidades del sector por medio de herramientas de investigación y consulta.
- Comparar el sector de los biocombustibles entre Colombia y países de referencia, el avance, desarrollo y limitaciones que existen mediante análisis, inferencias de datos y estudios históricos.
- Analizar la favorabilidad de la reducción de la brecha de biocombustibles mediante métodos de comparación a fin de establecer las posibilidades reales del incremento de su producción y los efectos ambientales colaterales.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Desde la disciplina de la Ingeniería Industrial con su objetivo de aportar soluciones a las diferentes problemáticas que presenta la sociedad y adaptar modelos de mejora continua se considera relevante para la investigación que se realiza, permitiendo aumentar la disponibilidad de nuevas tecnologías e incentivar el desarrollo agroindustrial del país conforme al acelerado cambio de políticas mundiales.

A partir de la investigación se estima la necesidad de mejora para la situación ambiental y las oportunidades sostenibles que ofrecen las nuevas energías teniendo en cuenta los impactos negativos que resultan del uso de combustibles fósiles.

- Un sistema de ingeniería metabólica para las biorrefinerías y el relieve de las posibilidades del proceso de integración económica y sostenible para la producción de etanol, son el eje fundamental del artículo *Biodelignification of lignocellulose substrates: An intrinsic and sustainable pretreatment strategy for clean energy production*⁸ (Sustratos de lignocelulosa Biodelignificación: Una intrínseca y sostenible estrategia de pretratamiento para la producción de energía limpia), en el cual se consideran factores importantes para el conjunto de la economización de la producción de biocombustibles,

⁸ CHANDEL, Anuj K. GONCALVES, Bruna C.M. STRAP, Janice L. DA SILVA, Silvio S. *Biodelignification of lignocellulose substrates: An intrinsic and sustainable pretreatment strategy for clean energy production*. Academic Search Complete (EBSCO host), 2015. p.13.

como el pretratamiento para liberar azúcares fermentables seguido por la conversión en etanol.

Esto supone que las producciones de biocombustibles sostenibles deben superar cuestiones tales como minimizar el uso de energía y agua, reduciendo el uso de productos químicos y el proceso de intensificación. Este artículo revisa los avances en el pretratamiento asistido por microbios para la designificación de sustratos lignocelulósicos, la ingeniería metabólica del sistema para biorrefinerías y destaca las posibilidades de integración de procesos para la producción sostenible y económica de etanol.

La biomasa lignocelulósica (LB) es un prometedor azúcar para biocombustibles y otros productos químicos de alto valor. Dos factores importantes para el conjunto de la economización de la producción de biocombustibles son el pretratamiento para liberar azúcares fermentables, seguido por la conversión en etanol. Las producciones de biocombustibles sostenibles deben superar cuestiones tales como minimizar el uso de energía y agua, reduciendo el uso de productos químicos y el proceso de intensificación.

En particular el desarrollo de un sólido, el bioprocesamiento integrado (IBP) es un enfoque económico para la producción de etanol se incorporan todos los pasos esenciales incluyendo el pretratamiento, la producción, la enzima celulasa, hidrólisis y fermentación de la liberación de los azúcares en etanol. IBP representa un medio económico, respetuoso con el medio ambiente, bajo consumo de energía y bajo criterio de capital para la producción de etanol de segunda generación. Para el uso de la lignocelulosa de biocombustibles requiere que el residuo de residuos se convierta en un sustituyente de monosacáridos para fermentación en etanol. El uso de enzimas microbianas para la industria de hidrólisis de LB es favorable debido a la alta especificidad de reacciones enzimáticas, la suavidad de las condiciones de reacción y la ausencia de pérdida de sustrato o toxicidad debido a modificaciones químicas.

Existen limitaciones para La lignocelulosa como materia prima, la producción de combustible de etanol todavía no es económicamente viable, debido a la ineficacia de la separación de los componentes de la lignina y polisacáridos, utilizando microorganismos o enzimas derivadas de ellos. Esto es en parte debido a una falta de conocimiento profundo de los sistemas normativos que conciernen someter la lignina a un proceso de extracción para la biodegradación de los componentes celulósicos y a la falta de conocimiento fundamental de las diferencias mecánicas por diferentes

microorganismos que lograr la degradación del mismo sustrato. Hasta la fecha, solamente los amplios estudios mecánicos se han realizado sobre un modelo de algunos hongos.

La extracción de lignina es uno de los pasos más caros de procesamiento en el uso de la LB como precursor para la producción de biocombustibles. Dada la variabilidad de la estructura de la lignina, los hongos del requisito de limitación de nutrientes antes de ligninolysis y la variabilidad de la secreción de enzimas degradativas basado en condiciones de cultivo, la elección del agente no es trivial.

Los microbios termófilos tienden a producir bajas cantidades del enzima deseado incluso bajo condiciones optimizadas. Razón por la cual los métodos de pretratamiento disponibles, pretratamientos mediados por microorganismos son los más seguros, ecológicos y sostenibles.

- La cadena de suministro de biocombustibles consta de varios componentes interdependientes de los recursos de materia prima hasta el final, los sitios de demanda de energía.

“An Integrated Biofuel Supply Chain to Cope With Feedstock Seasonality and Uncertainty”⁹(Una cadena de suministro integrada de biocombustibles para hacer frente a la Materia prima, estacionalidad e incertidumbre), estudio que se centra en el diseño de un sistema eficiente de cadena de suministro de biocombustibles contra variaciones estacionales e incertidumbres del suministro de materia prima de manera integradora.

Determina como al integrar la planificación y decisiones operativas en un marco de programación estocástico, se encuentra una estrategia de diseño efectiva para la cadena de suministro de biocombustibles que es económicamente viable y cubre bien una amplia gama de incertidumbres futuras. Un algoritmo de solución basado en la descomposición de escenarios está diseñado para superar los desafíos computacionales involucrados en aplicaciones a gran escala. El objetivo de este documento es establecer un biocombustible eficiente de sistema de cadena de suministro contra materia prima potencial, incertidumbre de suministro y estacionalidad integrando la planificación y operación de toda una cadena de suministro.

⁹ HUANG, Yongxi Eric. FAN, Yueyue.CHEN, Chien-Wei. An Integrated Biofuel Supply Chain to Cope With Feedstock Seasonality and Uncertainty Transportation Science. 2014. P.15.

En comparación con los combustibles líquidos convencionales y biocombustible a base de maíz, los biocombustibles celulósicos tienen mejores rendimientos en términos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, diversificando los combustibles de transporte, y brindando una solución al debate sobre alimentos versus energía. Para facilitar el éxito de industria de biocombustibles celulósicos, una cadena de suministro eficiente, sistema que asegura una fuerte competitividad de costos y la fiabilidad es crucial. Los estudios han demostrado la interdependencia de varios componentes de las cadenas de suministro de biocombustibles y la importancia de planificar el sistema como un todo.

El concepto de cadena de suministro, a través de una mejor integración y coordinación de varios componentes de un sistema de suministro (como compras, producción, almacenamiento y comercialización), puede mejorar enormemente el sistema eficiencia.

Los riesgos de la cadena de suministro se clasifican en riesgos operativos y riesgos de interrupción. Un riesgo operacional se refiere a esos riesgos recurrentes como la oferta y la demanda, fluctuaciones inherentes a las cadenas de suministro. Un riesgo de interrupción generalmente se refiere a interrupciones externas causadas por desastres naturales y provocados por el hombre. Por esta definición, el riesgo que estamos abordando, suministro de materia prima incertidumbre, pertenece a la categoría de riesgos operacionales. La gestión de la cadena de suministro tiene como objetivo encontrar la mejor configuración, incluida la configuración de ubicación, adquisición, producción, almacenamiento y distribución, para apoyar operaciones eficientes de todo el suministro de la cadena. Estrategias óptimas en la adquisición de materias primas, producción de biocombustibles, materia prima y almacenamiento de combustible, y la entrega se buscan simultáneamente para lograr el Costo total menos esperado del sistema.

Se encuentra que cuando se considera toda la cadena de suministro de biocombustibles y cuándo se utilizan recursos de materias primas diversificados, el sistema es capaz de mitigar el riesgo provocado por la variación de la materia prima y almacenamiento de combustible, puede proporcionar funciones críticas de almacenamiento y redistribución que ayuda a disipar las discrepancias de oferta y demanda.

El enfoque de modelado y computación es adecuado para tratar planificación del sistema de infraestructura bajo incertidumbre de biocombustibles. Otro desafío involucrado en las etapas múltiples a

gran escala de problemas estocásticos es cómo organizar la evolución de información que describe parámetros aleatorios, (desastres naturales y / o ataques provocados por el hombre) con baja probabilidad, pero graves consecuencias en cadena de suministro de energía, debe incorporarse. Sin embargo, debido a la naturaleza diferente de no recurrente interrupciones, un marco de modelado diferente que incluye La cuantificación del riesgo y podría ser más adecuada. Esta la dirección exige una integración de la resistencia del sistema, investigación con planificación de la cadena de suministro de bioenergía.

1.5 DELIMITACIÓN

1.5.1 Espacio.

El presente trabajo se desarrolla en la línea de investigación gestión integral y dinámica de las organizaciones.

1.5.2 Tiempo.

Para concluir el trabajo de investigación y consulta se tiene en cuenta un periodo de tres meses.

1.5.3 Contenido.

El tema principal es determinar la favorabilidad de la reducción de la brecha de biocombustibles en Colombia a partir del estado actual de la agroindustria.

1.5.4 Alcance.

Para el espacio de tiempo comprendido entre enero 28 de 2020 al 25 de mayo del 2020 se busca desarrollar el trabajo en cuestión, allí se responde a cada uno de los entregables bajo la asesoría del director y diferentes instancias a las que se puede acudir.

Se pretende que el tiempo contemplado no supere el del periodo académico y se cumpla el mismo. El objetivo principal es desarrollar estrategias que permitan reducir la brecha de los biocombustibles en Colombia teniendo como referencia las prácticas favorables de la industria, dar respuesta a este objetivo propuesto y a cada tarea que lo involucra es concluir en un margen de investigación académico a cabalidad para el proceso profesional y aporte significativo en lo que se refiere a la reducción de consumo de combustibles fósiles en Colombia siendo estrategia de significativo impacto ambiental.

Como restricciones existen el tiempo de integración de resultados que comprende el periodo académico, la accesibilidad a datos institucionales o con alguna carga de confidencialidad que ponga en riesgo alguna entidad o institución y sea necesaria para el trabajo de investigación.

1.6 MARCO REFERENCIAL

Se desarrolla a continuación la teoría existente en este proyecto, es una demostración de la postura en figura de investigador, las ideas con las que se relaciona y juicios que se comparten con otros autores, base donde se sustentará el análisis de esta propuesta de desarrollo del trabajo de grado. Es posible que en el desarrollo del proyecto se analicen variables, estas se van a condicionar el tema de la investigación siempre en términos del marco de referencia planteado.

1.6.1 Cadena productiva.

Se presenta la definición de “cadena productiva como el amplio rango de actividades involucradas en el diseño, producción y distribución de un producto, incluyendo una serie de recursos humanos y tecnológicos” ¹⁰.

La cadena productiva en el sector de la agroindustria se ubica en un contexto de sostenibilidad para determinar la favorabilidad de algunas prácticas que se desarrollan alrededor de los biocombustibles en Colombia, siendo sostenibilidad el satisfacer nuestras necesidades sin afectar la accesibilidad de las generaciones futuras a recursos del planeta.

Tras la aparición del Informe sobre Nuestro futuro común (1987-1988) coordinado por Gro Harlem Brundtland en el marco de las Naciones Unidas, se utiliza el objetivo del "desarrollo sostenible" entendiendo por tal aquel que permite "satisfacer nuestras necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas". Simultáneamente que se desarrollaba la preocupación por la "sostenibilidad" se subrayaba implícitamente, con ello, la insostenibilidad del modelo económico hacia el que nos ha conducido la civilización industrial. Tal inquietud no se ha traducido en la reconsideración operativa de este

¹⁰ GEREFFI, Gary. KORZENIEWICZ, Miguel. The Organization of Buyer-Driven Global Commodity Chains: How U.S. Retailers Shape Overseas Production Networks. Londres: Praeger Publisher, 1994. 99p.

modelo hacia el nuevo intento¹¹. En la gestión de la cadena productiva de los biocombustibles se evalúan diferentes aspectos que están involucrados en esta. “El desarrollo de los sistemas de bioenergía requiere de la acción multidisciplinaria de diversos sectores involucrados en la cadena productiva: productos agrícolas y energéticos. Se requiere pues, plantear lineamientos y estrategias para el desarrollo de la industria del biocombustible biodiesel, lo cual depende de las condiciones locales específicas como son el clima, la disponibilidad de agua y las condiciones del suelo, infraestructura, capacidades de logística y procesamiento industrial de productos, subproductos y residuos orgánicos, necesidades del sector energía y aspectos agronómicos, económicos y sociales implicados en el desarrollo rural sustentable”¹².

1.6.2 Cadena de suministro.

Una cadena de suministro está constituida por todas aquellas partes implicadas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una necesidad de un cliente.

La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle e incluso a los mismos clientes. Dentro de cada organización, como la del fabricante, abarca todas las funciones que participan en la recepción y el cumplimiento de una petición del cliente.

“El objetivo de una cadena de suministro debe ser maximizar el valor total generado. El valor que una cadena de suministro genera es la diferencia entre lo que vale el producto final para el cliente y los costos en que la cadena incurre para cumplir la petición de éste. Para la mayoría de las cadenas de suministro, el valor estará estrechamente correlacionado con la rentabilidad de la cadena de suministro (también conocida como superávit de la cadena de suministro), que es la diferencia entre los ingresos generados por el cliente y el costo total de la cadena de suministro”¹³.

¹¹ NAREDO, Jose Manuel. Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible .14 ed. Madrid: Cuadernos de investigación urbanística, 2014. 1p.

¹² BARON, Manuel. HUERTAS, Isaac. ORJUELA, Javier. Gestión de la cadena productiva del biodiésel: una revisión de la literatura. Bogotá: Ingeniería, 2013. 84p.

¹³ CHOPRA, Sunil. MEINDL, Peter. Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación. 3 ed. Naucalpan de Juárez: Pearson educación, 2008. p.552.

1.6.3 Cadena logística.

La cadena logística supone la planificación, implementación y control de todos aquellos flujos de materiales e información desde los proveedores hasta el consumidor final no se limita al almacenaje y transporte de producto terminado, o al transporte únicamente, o solo al área del servicio al cliente, si no que integra los flujos (materiales e información) desde el primer proveedor hasta el consumidor final¹⁴.

1.6.4 Energías Alternativas.

“Comprenden todas aquellas energías de origen no fósil y que no han participado significativamente en el mercado mundial de la energía. Se tiende a usar indiscriminadamente los términos renovables, nuevas y no convencionales como sinónimos, no siendo totalmente correcto. Así, el término no convencional no significa precisamente nuevo, como es el caso de la energía solar, conocida desde hace mucho tiempo (...)

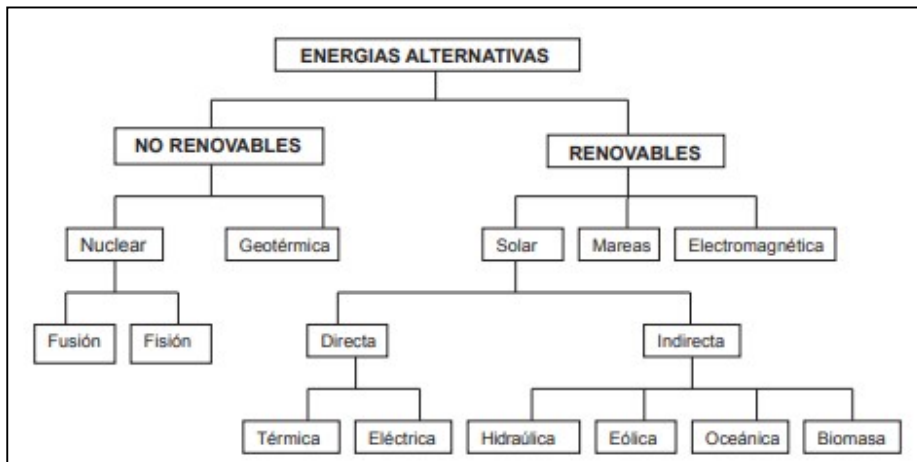
No se debe involucrar el concepto de energía renovable con el de energía no-convencional, pues entre las fuentes energéticas convencionales se encuentran algunas con característica de renovables, como la hidráulica o la bioenergía.

Existen fuentes no renovables y no convencionales como la energía geotérmica o la fusión nuclear. Las energías no agotables, como la eólica, comúnmente se incluyen entre las renovables. De manera que el término alternativo es, quizás, el más adecuado para contener todas estas opciones energéticas” ¹⁵ (Véase figura 3).

¹⁴ DE LA ARADA, Mercedes. Optimización de la cadena logística. 2 ed. Santiago de Compostela: Ediciones Paraninfo, 2019.p.185.

¹⁵ Posso, Fausto. Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. Parte dos: sistema energético basado en energías alternativas. En: Geoenseñanza. 2002. Vol. 7, no. 1-2, p.54-73

Figura 3. Clasificación de las energías alternativas.



Fuente. Posso, Fausto. Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. Parte dos: sistema energético basado en energías alternativas. En: Geoenseñanza. 2002. Vol. 7, no. 1-2, p.54-73

1.6.5 Obtención de biocombustibles.

A continuación, se clasifican los biocombustibles en tres estados de la materia en los que se pueden encontrar, (véase figura 4) y los diferentes procesos de obtención que existen. (véase la Figura 5).

Figura 4. Tipos de biocombustibles

Tipos de biocombustibles		
Sólidos	Líquidos	Gaseosos
Paja	Alcoholes	Gasógeno
Leña sin procesar	Biohidrocarburos	Biogas
Astillas	Aceites vegetales	Hidrógeno
Briquetas ¹ y pellets ²	Ésteres derivados de	
Triturados finos	aceites vegetales	
Carbón vegetal	Aceites de pirolisis	

Fuente. SALINAS, Edmar.GASCA, Victor. Los biocombustibles. En: El Cotidiano. Septiembre –octubre, 2009. no. 157, p.75-82

Figura 5. Proceso de obtención de biocombustibles

Proceso de obtención de biocombustibles			
	Técnicas	Productos	Aplicaciones
Mecánicos	Astillado	Leñas	Calefacción
	Trituración	Astillas	Electricidad
	Compactación	Briquetas	
		Aserrín	
Termoquímicos	Pirolisis	Carbón	Calefacción
	Gasificación	Aceites	Electricidad
		Gasógeno	Transporte
			Industria química
Biotecnológicos	Fermentación	Etanol	Transporte
	Digestión anaeróbica	Biogas	Industria química
			Calefacción
			Electricidad
Extractivos	Extracción físico-química	Aceites	Transporte
		Ésteres	Industria química
		Hidrocarburos	

Fuente. SALINAS, Edmar.GASCA, Victor. Los biocombustibles. En: El Cotidiano. Septiembre –octubre, 2009. no. 157, p.75-82

1.7 METODOLOGÍA

1.7.1 Tipo de estudio.

El tipo de estudio del presente trabajo es investigativo, el propósito principal es la aproximación y revisión de literatura ya propuesta por diferentes autores, argumentar, comparar y exponer prácticas aplicadas lo cual ayudará de igual manera a futuras investigaciones que se hagan respecto a este tema en específico permitiendo tener una visión general sobre la validez y el grado de confianza que puede tener como resultado.

1.7.2 Fuentes de información.

Las fuentes de información serán secundarias, bases de datos de la universidad (PROQUEST, SCIENCE DIRECT Y EBSCOHOST) y/o biblioteca, diccionarios y enciclopedias especializadas, revistas especializadas, libros, catálogos, folletos científicos, tesis de grado, entes gubernamentales, entre otros.

1.8 DISEÑO METODOLÓGICO

Al buscar la causa original del problema se identifican las fuerzas que contribuyen a este y los efectos derivados de las mismas. Para abordarlo de

manera concisa se debe regir un orden ideal que permita dirigir las causas para que se resuelva el problema, seguido a esto encontrar una solución correcta utilizando un proceso práctico y científico hace parte de la toma de decisiones. De esta manera se va a desarrollar cada objetivo planteado, con la siguiente metodología propuesta (véase Cuadro 1),

Cuadro 1. Pasos a llevar a cabo en la metodología del proyecto

Pasos	Objetivo
1	Identificar el estado actual de la agroindustria en cuanto a los biocombustibles para resaltar oportunidades del sector por medio de herramientas de investigación y consulta.
2	Comparar el sector de los biocombustibles entre Colombia y la industria para reconocer el avance, desarrollo y limitaciones que existen mediante análisis, inferencias de datos y estudios históricos
3	Desarrollar puntos que se encuentren positivos y negativos ante la cadena productiva de biocombustibles en Colombia que permitan establecer la posibilidad de aplicar ese escenario.
4	Analizar la favorabilidad de la reducción de la brecha de biocombustibles mediante métodos de investigación a partir de posibilidades reales de mejora de la situación ambiental.

Fuente. El Autor

2. CADENA PRODUCTIVA DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA.

El estado actual de la cadena productiva de los biocombustibles en Colombia que se describe a continuación busca resaltar oportunidades, notar efectos positivos y negativos, teniendo en cuenta diferentes puntos a evaluar, que involucren aspectos ambientales, económicos, sociales y culturales; que tienen contribución dentro de dicha cadena productiva. Se realizó a partir de herramientas de investigación y consulta, se apoyan a su vez en entidades públicas y privadas del sector de biocombustibles en Colombia y países de referencia.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Minas y Energía (proyectos y foros), Industria y comercio (Boletines y Alertas) y Fedebiocombustibles, los palmicultores y cañicultores, que se agrupan en dos entidades gremiales muy fuertes, FEDEPALMA y ASOCAÑA, apoyadas en sus respectivos centros de investigación, CENIPALMA y CENICAÑA, reconocidos mundialmente, representan el sector de los biocombustibles en Colombia, en sus diferentes canales de información facilitan el acceso a estadísticas e indicadores del sector, la normatividad que rige a la cadena productiva de biocombustibles e investigaciones realizadas por ellos y gremios afines.

Colombia presenta antecedentes en reformas y políticas a partir de la década del 2000 que buscan reducir el uso de combustibles fósiles en el territorio nacional, esto cumple con diferentes políticas ambientales mundiales y se presenta en oportunidad de incentivo al crecimiento de la agroindustria del país de mano de diferentes impactos sociales y consecuencias que conlleva el no tener energías sostenibles para los próximos años.

En un principio las políticas se establecieron por una combinación de factores, entre ellos la opinión de que el uso de los biocombustibles mejoraría el aspecto de la seguridad energética y reduciría las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El apoyo gubernamental a la industria de biocombustibles se refleja en normativas obligatorias de mezclas. Los mercados de biocombustibles también resultan afectados por políticas que ponen en marcha criterios de sostenibilidad, estándares de calidad de los combustibles y aranceles de importación para el etanol y el biodiesel.¹⁶

¹⁶ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Perspectivas Agrícolas 2017-2026. 13 ed. Paris: Editions OCDE, 2017. p.152.

2.1 NORMATIVAS APLICADAS POR PARTE DEL GOBIERNO COLOMBIANO

El Gobierno Nacional ha adoptado medidas para avanzar en la aplicación de la Ley 693 de 2001, mejor llamada ley de alcoholes, que obliga a oxigenar con bioetanol las gasolinas consumidas en los centros urbanos de más de 500 mil habitantes. La Ley 939 de 2004 estimula la producción y comercialización de biodiésel (de origen vegetal o animal) para uso en motores diésel. Actualmente se están implementando las acciones requeridas para cumplir con las nuevas mezclas que alcanzan en el caso del biodiésel, dependiendo de la zona, entre un 5% (B5) y 8% (B8) y en el caso del bioetanol un 8% (E8) a nivel nacional.¹⁷

Como el análisis de impacto normativo presentado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con apoyo de Ministerio de Minas y Energía Calidad del aire, en el año 2017 se presenta la resolución 2254 la cual incorporó un ajuste progresivo de los niveles máximos permisibles de contaminantes considerando los lineamientos dados por la Organización Mundial de la Salud¹⁸.

En 2018 se adoptó el CONPES 3943 "Política para el mejoramiento de la calidad del aire", cuyo objetivo general es reducir la concentración de contaminantes en el aire que afectan la salud y el ambiente¹⁹.

Determina la calidad de combustibles, la resolución 898 de 1995, por la cual se regulan los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y caldera de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores y en el año 2005 el Gobierno Nacional expidió la Ley 1205 de 2008, también conocida como la Ley del Diésel que busca la distribución de combustibles que minimicen el impacto ambiental y que su calidad se ajuste a los parámetros internacionales²⁰.

¹⁷ INFANTE, Arturo, TOBÓN, Santiago. BIOENERGÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE Políticas públicas sobre biocombustibles y su relación con la seguridad alimentaria en Colombia. 1 ed. Roma: FAO, 2010. p.112.

¹⁸ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Análisis de impacto normativo. Bogotá: 2019. p.23.

¹⁹ COLOMBIA. CONPES (CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL). Documento 3943. POLÍTICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE. Bogotá, 2018. p. 9

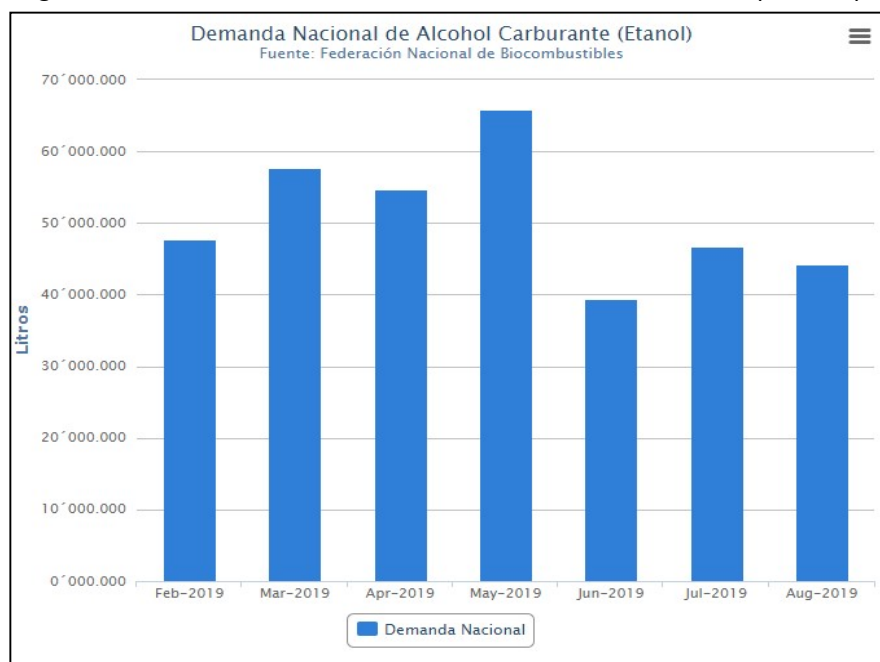
²⁰ Ibid., p.12

2.2 PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA

En Colombia se producen biocombustibles a partir de caña de azúcar y yuca (Etanol) el cual empezó a producirse el 3 de octubre del 2005 y de aceite de palma (Biodiésel) que se produce desde el 1 de enero de 2008.

“Según Fedebiocombustibles la producción de etanol en Colombia es de 1.200.000 litros por día en seis refinerías, cinco en el Valle del Cauca con caña de azúcar y una en el departamento del Meta con yuca amarga, con lo cual es viable reemplazar 8,5% de las gasolinas que se consumen en el país. De igual forma, con la producción alrededor de 10.000 barriles diarios de biodiésel en seis refinerías, tres en la costa Caribe, una en Barrancabermeja, una en Cundinamarca y una en el departamento del Meta, es posible suplir el 9% del diésel consumido, principalmente, en el sistema de transporte pesado de carga y pasajeros, como de maquinaria industrial”²¹.

Figura 6. Demanda Nacional de Alcohol Carburante (Etanol)



Fuente. Federación Nacional de Biocombustibles

²¹ Fedebiocombustibles. “¿Cuál es la participación de los biocombustibles en la matriz de los combustibles para el transporte en Colombia?” {En línea}. Fecha. {18 febrero de 2020}. Disponible en: (<https://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-923.htm>).

Fedebiocombustibles presenta la demanda nacional de Etanol durante el año 2019, esta alcanza en su más alto promedio para el mes de mayo 60 millones de litros y refleja un comportamiento cambiante pero que se recupera conforme al tiempo. (véase la Figura 6).

“En Colombia, en el año 2013 se produjeron 2,12 millones de toneladas de azúcar a partir de 21,56 millones de toneladas de caña. De alcohol carburante se produjeron 387 millones de litros, destinados a la mezcla con gasolina en una proporción E8 (8% etanol, 92% gasolina), de acuerdo con el mandato de oxigenación establecido por el gobierno desde noviembre de 2005.”²².

La demanda Nacional de Alcohol Carburante (Etanol) al último año se presenta en la figura (véase la Figura 7).

Esta presenta diferentes indicadores hasta el año 2017, área sembrada, caña molida, producción de etanol, ventas de etanol, mercado interno del azúcar y exportación de azúcar.

Figura 7. Etanol anhidro de caña

Indicador	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Área Sembrada (Hectáreas) *	205.664	208.254	218.311	223.905	227.748	225.56	230.303	232.07	238.204	243.232
Caña Molida (Millones toneladas) *	19,20	23,58	20,27	22,72	20,82	21,56	24,29	24,37	23,43	24,38
Producción de Azúcar (Millones de tm vc)	1,92	2,46	1,96	2,20	2,07	2,12	2,39	2,37	2,11	2,23
Producción de Etanol (Millones de litros)	255,84	327,70	291,28	337,39	369,72	387,85	406,46	456,40	434,43	366,75
Ventas de Etanol (Millones de litros)	247,09	338,36	292,08	351,08	368,44	393,78	418,52	468,04	439,30	361,53
Mercado Interno Azúcar (Millones tm vc)	1,62	1,55	1,53	1,50	1,64	1,69	1,71	1,72	1,81	1,67
Exportaciones de Azúcar (Millones tm vc)	0,45	1,00	0,65	0,89	0,72	0,67	0,79	0,72	0,51	0,70

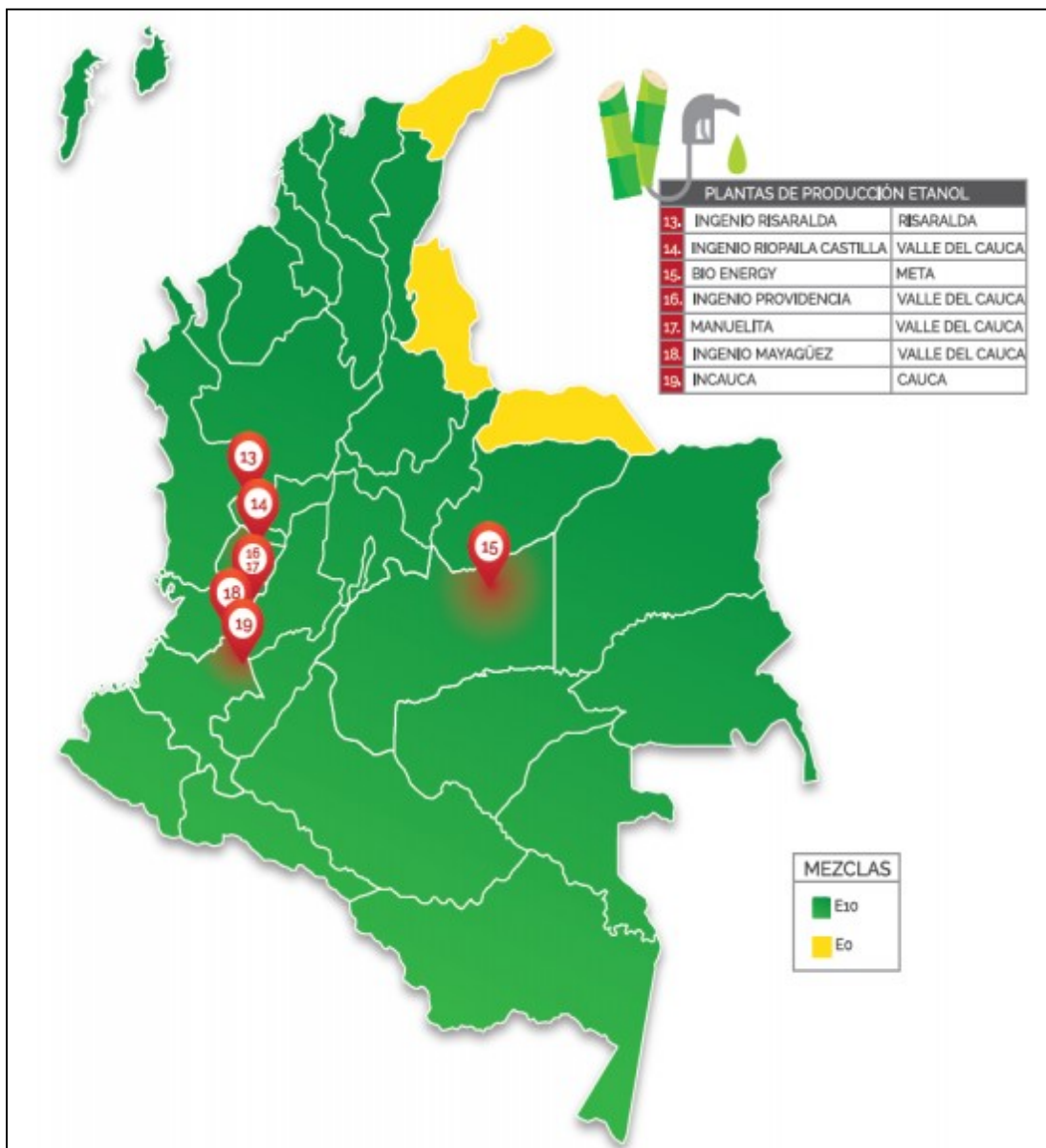
Fuente. Federación Nacional de Biocombustibles

²² ASOCAÑA. “El sector azucarero colombiano en la actualidad”. {En línea}. {21 febrero de 2020} disponible en: (<https://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>).

La distribución del porcentaje de mezcla de etanol en el territorio nacional se encuentra en su mayor parte E10 (10% de Etanol y 90% de gasolina) y en un sector pequeño E0 (100% de gasolina).

Las plantas de producción a cargo de abastecer dicho porcentaje son Ingenio Risaralda, Ingenio Riopaila Castilla, Bio Energy, Ingenio Providencia, Manuelita, Ingenio Mayagüez e Incauca. (Véase Figura 8)

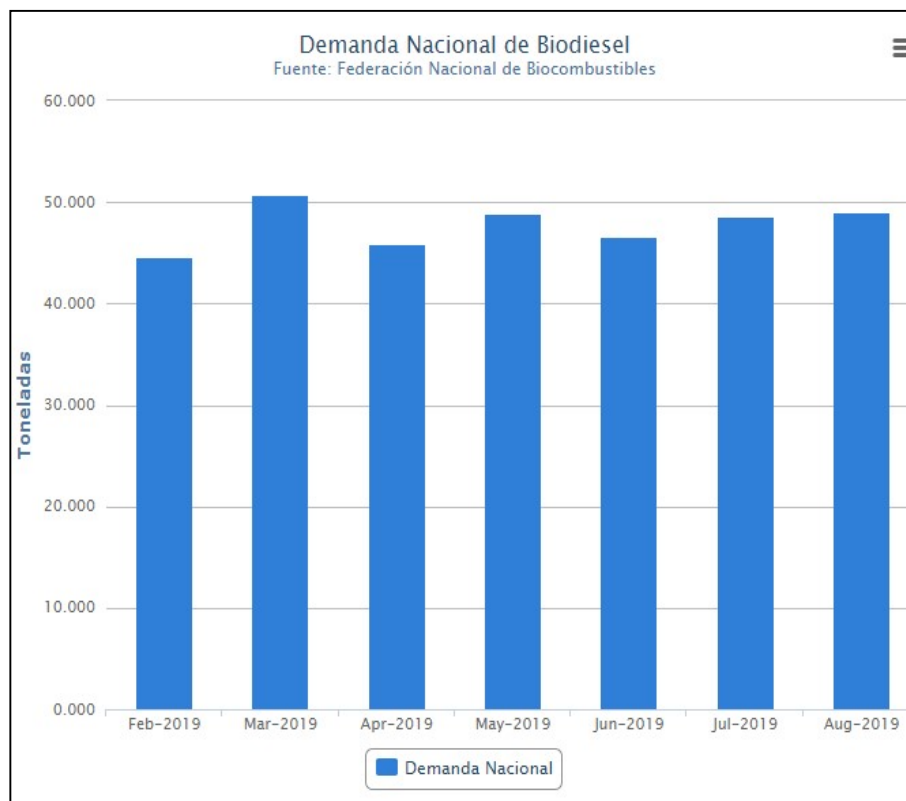
Figura 8. Distribución del porcentaje de mezcla de alcohol carburante en el territorio nacional



Fuente. Federación Nacional de Biocombustibles.

“La palma de aceite es la oleaginosa más remuneradora del planeta; una hectárea sembrada produce entre 6 y 10 veces más aceite que las demás. Colombia es el cuarto fabricante de aceite de palma en el mundo y el primero en América. Actualmente, el cultivo de la palma de aceite se localiza en 124 municipios de 20 departamentos” ²³.

Figura 9. Demanda Nacional de Biodiesel



Fuente. Federación Nacional de Biocombustibles

La producción de biodiésel en Colombia durante el 2016 incremento a 460.121 toneladas, las ventas de este biocombustible alcanzaron a las 513.336 toneladas, así lo estipula la Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia. La demanda Nacional de Biodiesel al último año se presenta en la figura. (Véase Figura 9).

²³ FEDEPALMA.” La palma de aceite en Colombia”. {En línea}. {04 febrero de 2020} disponible en: (<http://web.fedepalma.org/la-palma-de-aceite-en-colombia-departamentos>).

Figura 10. Biodiesel de palma de aceite

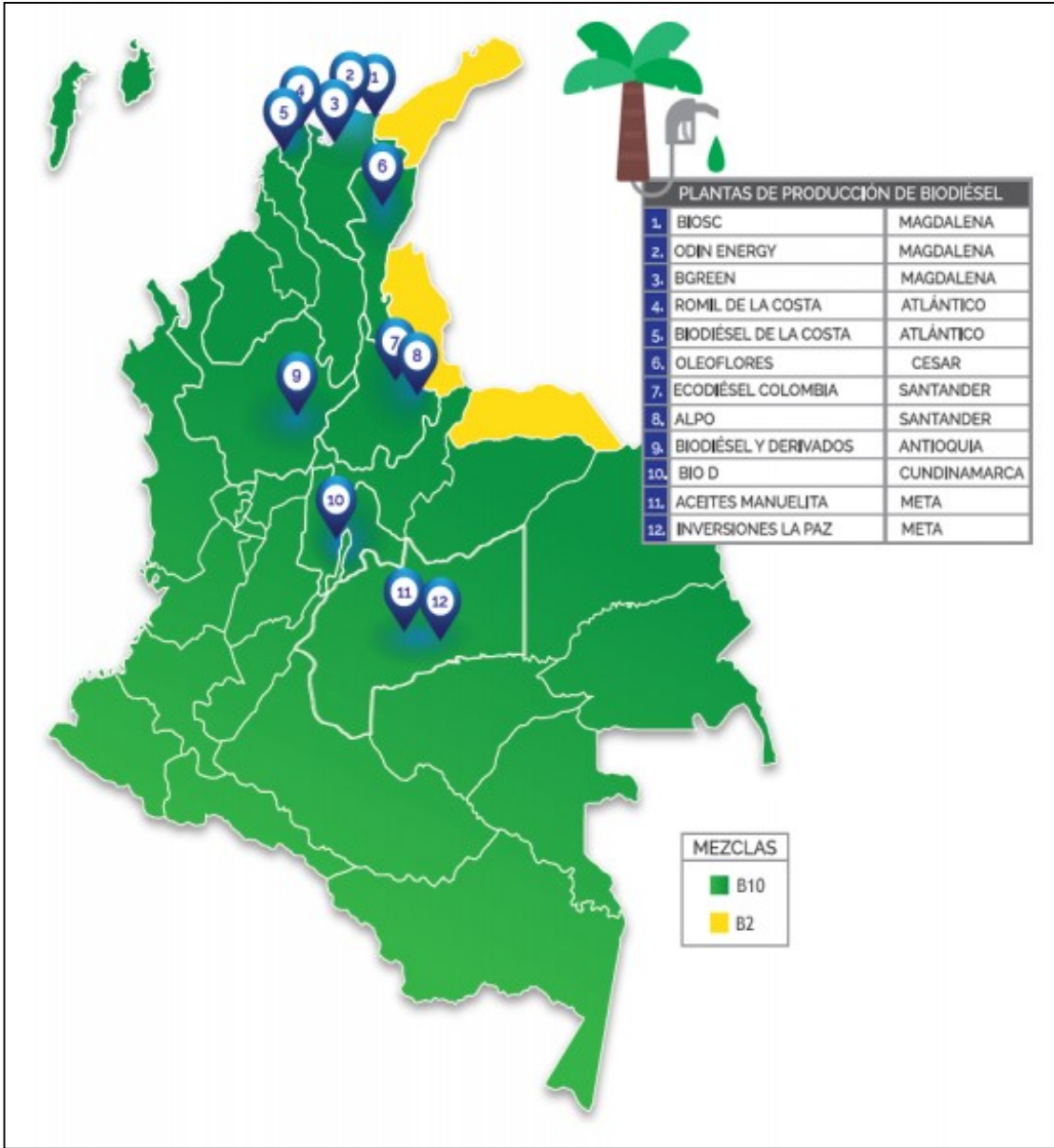
Indicador	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Producción Biodiésel (Toneladas)	22.73	163.077	337.713	443.037	489.99	503.337	518.093	513.354	458.8
Ventas Biodiésel (Toneladas)	-	169.065	337.718	273.17	488.187	505.709	518.745	523.403	506.99
Producción Aceite crudo de Palma (Toneladas) *	777.509	804.838	753.039	945.03	973.703	1.040.835	1.109.707	1.275.222	1.146.203
Ventas Aceite de Palma para Biodiésel	40.7	107.024	298.221	385.1	445.476	458.772	470.934	488.627	458.8
Hectáreas sembradas de Palma *	337.038	360.62	404.104	427.368	452.435	446.376	450.131	499.244	512.076
Hectáreas sembradas de Palma en Desarrollo	115.772	124.705	153.441	160.446	152.482	107.682	96.565	121.583	113.029
Hectáreas sembradas de Palma en Producción	221.266	235.914	250.663	266.922	299.953	338.693	353.566	377.662	399.048
Rendimiento promedio por hectáreas (Toneladas de aceite de Palma)	3,51	3,41	3,00	3,54	3,25	3,07	3,14	3,38	2,87
Rendimiento medio en campo por hectáreas (Toneladas de fruto de Palma)	17,18	16,37	15,07	17,18	15,52	14,92	15,43	16,66	14,14

Fuente. Federación Nacional de Biocombustibles

La demanda Nacional de Biodiesel de palma de aceite al último año se presenta en la figura (véase la Figura 10).

Esta presenta diferentes indicadores hasta el año 2016, producción Biodiesel, producción aceite crudo de palma, hectáreas sembradas de palma, hectáreas sembradas de palma en desarrollo, hectáreas sembradas de palma en producción, rendimiento promedio y rendimiento medio en campo.

Figura 11. Distribución del porcentaje de mezcla de biodiesel en el territorio nacional



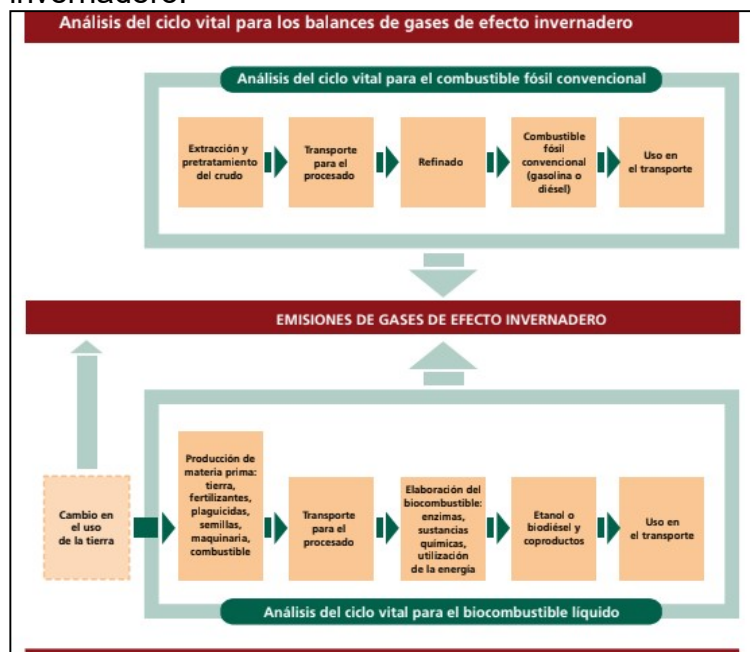
Fuente. Federación Nacional de Biocombustibles

La asignación del porcentaje de mezcla de biodiesel en el territorio nacional se encuentra en su mayor parte B10 (10% de biodiesel y 90% de gasolina) y en un sector pequeño B2 (98% de gasolina). (Véase Figura 11).

2.3 LA IMPORTANCIA DEL CICLO DE VIDA

“El análisis del ciclo vital es un instrumento analítico empleado para calcular el balance de los gases de efecto invernadero, el resultado del paralelo entre todas las emisiones de gases de efecto invernadero en todas las fases de producción y de uso de un biocombustible y todos los gases de efecto invernadero emitidos en la producción y uso de una cantidad equivalente de energía del combustible fósil proporcionado. Este, analiza metódicamente cada componente de la cadena de valor para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (véase Figura 12). Entre las iniciativas existentes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que se están combatiendo en la actualidad, los biocombustibles son una alternativa significativa, pero, en muchos casos, la mejora de la eficiencia y la preservación energéticas, el incremento de la captura de carbono mediante la reforestación, los cambios en las prácticas agrícolas o el empleo de otras formas de energía renovable consiguen ser medidas más rentables ²⁴”

Figura 12. Análisis del ciclo vital para los balances de gases de efecto invernadero.



Fuente. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.

²⁴ FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). BIOCMBUSTIBLES: PERSPECTIVAS, RIESGOS Y OPORTUNIDADES: Efectos de los biocombustibles en el medio ambiente. Roma, 2008.

2.4 RECURSO HÍDRICO

Varios de los cultivos empleados en la actualidad para la fabricación de biocombustibles, como la caña de azúcar, el aceite de palma y el maíz, demandan cantidades respectivamente altas de agua a niveles de rendimiento industrial.

Figura 13. Necesidades de agua para cultivos de biocombustibles

CULTIVO	Posibilidad de rendimiento anual de combustible (Litros/ha)	Rendimiento energético (GJ/ha)	Equivalente de evapotranspiración (Litros/litro de combustible)	Evapotranspiración potencial del cultivo (mm/ha)	Evapotranspiración potencial del cultivo en secano (mm/ha)	Necesidad de agua del cultivo en regadío (mm/ha) ¹	(Litros/litro de combustible)
Caña de azúcar	6 000	120	2 000	1 400	1 000	800	1 333
Maíz	3 500	70	1 357	550	400	300	857
Palma de aceite	5 500	193	2 364	1 500	1 300	0	0
Colza	1 200	42	3 333	500	400	0	0

¹ Suponiendo una eficiencia de riego de un 50 por ciento.

Fuente. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.

Por ello son más apropiados para áreas tropicales de gran pluviosidad, a no ser que se puedan regar. La producción de secano de materias primas para biocombustibles es importante en Brasil, donde el 76 por ciento de la producción de caña de azúcar está sometido a condiciones de secano, y en los Estados Unidos de América, donde el 70 por ciento de la producción de maíz es de secano.

Será la producción mediante regadío de estas materias primas clave para los biocombustibles la que produzca las consecuencias más graves en el equilibrio de los recursos hídricos locales. Numerosas regiones productoras de azúcar mediante regadío del África austral y oriental y del Brasil nororiental ya están funcionando cerca de los límites hidrológicos de sus cuencas fluviales conexas.

La producción de biodiesel y etanol da como resultado unas aguas residuales contaminadas orgánicamente que, si se liberaran sin tratar, podrían incrementar la eutrofización de las masas de agua de superficie. Existen tecnologías de tratamiento de aguas residuales que pueden hacer frente de manera efectiva a los contaminantes y residuos orgánicos. Los sistemas de fermentación pueden reducir la demanda de oxígeno biológico de las aguas residuales en más de un

90 por ciento, por lo que el agua se puede reutilizar en el procesamiento y el metano se puede capturar en el sistema de tratamiento y emplearlo para generar energía.²⁵

2.5 RECURSOS DE SUELOS

Unas prácticas de cultivo inadecuadas pueden reducir la materia orgánica del suelo e incrementar la erosión del mismo mediante la eliminación de la cubierta permanente del suelo. La eliminación de residuos vegetales puede reducir el contenido en nutrientes del suelo y aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero debido a la pérdida de carbono del suelo.

Asimismo, la labranza de conservación, la rotación y otras prácticas de gestión mejorada pueden, en las condiciones adecuadas, reducir los efectos adversos e incluso mejorar la calidad medioambiental en conjunción con un aumento de la producción de materias primas para biocombustibles. El cultivo de plantas perennes como la palma, el bosque bajo de corta rotación, la caña de azúcar o el pasto varilla en lugar de cultivos anuales puede mejorar la calidad del suelo mediante el aumento de la cubierta y del contenido de carbono orgánico. En combinación con la no conservación y un menor uso de fertilizantes y plaguicidas, pueden conseguirse efectos positivos en la biodiversidad²⁶.

2.6 AFECTACIONES SOBRE LA BIODIVERSIDAD

La biodiversidad silvestre se ve amenazada por la pérdida del hábitat cuando se expande un área destinada a la producción de cultivos, mientras que la biodiversidad agrícola es vulnerable frente al monocultivo en gran escala, basado en un pequeño reservorio de material genético que puede conllevar también la disminución del uso de variedades tradicionales.

La primera vía para la pérdida de biodiversidad es la pérdida del hábitat como resultado de la conversión de tierras, como bosques o praderas, para la producción de cultivos. La segunda vía más importante es la pérdida de la agro biodiversidad, causada por la intensificación de las tierras de cultivo en forma de uniformidad genética de los cultivos. La mayoría de las plantaciones de materias primas para biocombustibles toman como base una sola especie.²⁷

²⁵ *Ibíd.*, p.73

²⁶ *Ibíd.*, p.75

²⁷ *Ibíd.*, p.76

2.7 SEGURIDAD ALIMENTARIA

Un estudio de la FAO sobre las funciones de la agricultura destacó cuatro canales principales a través de los cuales el crecimiento agrícola puede mitigar la pobreza²⁸: “i) mediante el crecimiento directo de los ingresos; ii) con la reducción de los precios alimentarios; iii) por medio del crecimiento del empleo; y iv) a través de salarios reales más elevados”. Para el primero de estos canales, la distribución de la tierra es importante si se sitúa en condiciones de distribución justas y se permite crecimiento económico del sector.

Los biocombustibles pueden afectar al aspecto de la seguridad alimentaria relativo a la utilización, pero menos directamente que a otros aspectos. Por ejemplo, algunos sistemas de producción de biocombustibles requieren cantidades considerables de agua, tanto para la producción de materias primas como para la transformación en biocombustibles.

Esta demanda podría reducir la disponibilidad de agua para uso doméstico, amenazando el estado de salud y, en consecuencia, la situación respecto de la seguridad alimentaria de las personas afectadas. Por otra parte, si la bioenergía reemplaza a fuentes de energía más contaminantes o amplía la disponibilidad de servicios energéticos para la población rural pobre, ello podría contribuir a que la actividad de cocinar resulte a la vez más barata y más limpia, con repercusiones positivas para el estado de salud y la utilización de los alimentos²⁹.

2.8 CADENA DE SUMINISTRO

Las cadenas de suministro de biocombustibles están principalmente constituidas por granjas, centros de almacenamiento, plantas de bio-refinería, plantas de mezcla, puntos de venta y transportistas; y es común que estas unidades de negocio sean diferentes, tomen decisiones independientes y no siempre en función del logro de objetivos globales, lo que hace que este tipo de cadenas sean complejas, dados los conflictos de coordinación y cooperación entre sus eslabones.

²⁸ FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). BIOCMBUSTIBLES: PERSPECTIVAS, RIESGOS Y OPORTUNIDADES: EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Roma, 2008.

²⁹ FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). BIOCMBUSTIBLES: PERSPECTIVAS, RIESGOS Y OPORTUNIDADES: EFECTOS EN LA POBREZA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. Roma, 2008.

El diseño de la cadena de suministro de biocombustibles incluye decisiones relacionadas con el tipo de biomasa a seleccionar, cuánto y de qué lugar tomarla, qué tecnología de producción instalar, dónde localizar las instalaciones y con qué capacidad, qué tipo y cantidad de biocombustible entregar y qué mercado satisfacer, con el fin de que la relación costo-beneficio de la producción de biocombustibles sea favorable

Figura 14. Cadena de suministro de biocombustibles



Fuente. BARON, Manuel. HUERTAS, Isaac. ORJUELA, Javier. Gestión de la cadena de abastecimiento del biodiésel: una revisión de la literatura. En: Revista Ingeniería 2013. Vol. 18, no. 1.

Se destacan herramientas como Warehousing Management System (WMS), Transportation Management System (TMS), Enterprise Resource Planning (ERP), Geographic Information System (GIS), entre otras. Actualmente, los modelos de optimización utilizados en la gestión de la cadena de suministro de biomasa se ocupan con mayor frecuencia de decisiones estratégicas, tales como ubicación, capacidad de plantas, y diseño de la red de suministro; en segundo lugar, estos modelos apoyan decisiones del nivel táctico y operativo. Las técnicas de modelación matemática y sus capacidades de solución han mejorado significativamente en los últimos años, y la visión integrada se está desarrollando.³⁰

³⁰ TAPIA, Lina. ACEVEDO, Jaime. ARAMENDIZ, Hermes. ARARAT, Jaime. La sostenibilidad en el diseño de cadenas de suministro de biocombustibles. En: Revista Ingenierías.Vol.;14.No.26(2015); p.57-72.

2.9 OPORTUNIDADES

El sector de biocombustibles ofrece oportunidades de inversión para producción como lo son,

Construir biorrefinerías, plantas transformadoras de biomasa y desarrollar complejos de Transesterificación que permitan transformar la palma de aceite en biodiesel. Colombia está en capacidad de cubrir una producción anual cercana al millón de toneladas.³¹

Realizar Alianzas estratégicas con las plantas productoras de biodiesel actuales, con miras a mejorar los actuales rendimientos de 386.953 litros por día (el más alto del país).³²

Apoyar los proyectos existentes y en desarrollo que requieren de un socio estratégico para entrar en la etapa de producción. Adicionalmente, existen nuevos proyectos por desarrollar que necesitan de inversionistas de capital para iniciar su etapa de producción.

Desarrollar proyectos (Greenfield) de investigación para el desarrollo de biocombustibles de segunda generación de la mano de socios locales con experiencia en el sector. Esta clase de biocombustibles serán el futuro de la industria gracias a las potencialidades y beneficios ligados a su producción y consumo.

Las principales regiones del país que presentan oportunidades de inversión en el sector biocombustibles, son: Cesar, Magdalena, Meta, Casanare, Santander, Valle del Cauca, Cauca, Risaralda y Caldas.³³

Es importante resaltar casos de éxito como, el de la empresa Mitsubishi Corporation, en el año 2012 formalizó su entrada en la producción de alcohol carburante en Colombia a través de la compra de la participación de BioOriente en BioEnergy, empresa que está construyendo la destilería de etanol carburante más grande del país.

³¹ Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá. 2020.

³² Fedebiocombustibles. Bogotá. 2020.

³³ Inversión en el sector de Biocombustibles en Colombia. {En línea}. {22 mayo de 2020} disponible en: (<https://www.inviertaencolombia.com.co/sectores/agroindustria/biocombustibles.html>).

2.10 PANORAMA RESULTADO

A partir de las diferentes contribuciones recopiladas en este proyecto que han analizado el desempeño de la cadena de suministro de los biocombustibles considerando resultados económicos, sociales, ambientales, y, en consecuencia, la participación de diferentes entes de control que permiten evaluar la situación actual desde diferentes puntos de vista.

Se tiene que un efecto a corto plazo de la producción de biocombustibles es el aumento de los precios de los productos básicos agrícolas, pues este se establece según demanda del mercado, en ese caso los cultivos para biocombustibles acaparan espacio y recursos de producción dejando a un lado la producción de productos básicos, el efecto negativo recae en la seguridad alimentaria de los hogares, en especial población vulnerable con esto se crea la necesidad de establecer políticas adecuadas para controlar la participación de los productores en el mercado.

Otro panorama, largo plazo, si se tiene una demanda creciente de biocombustibles acompañado de la modificación masiva del parque automotor del país respaldan los argumentos a favor de que se centre la atención en la agricultura como motor del crecimiento para el alivio de la pobreza la seguridad alimentaria y el desarrollo rural.

De acuerdo con lo anterior, es posible afirmar que la producción de materia prima para biocombustibles puede ofrecer oportunidades de desarrollo en el área de producción para los agricultores, se debe permitir la participación de pequeños productores para fomentar el desarrollo económico del sector.

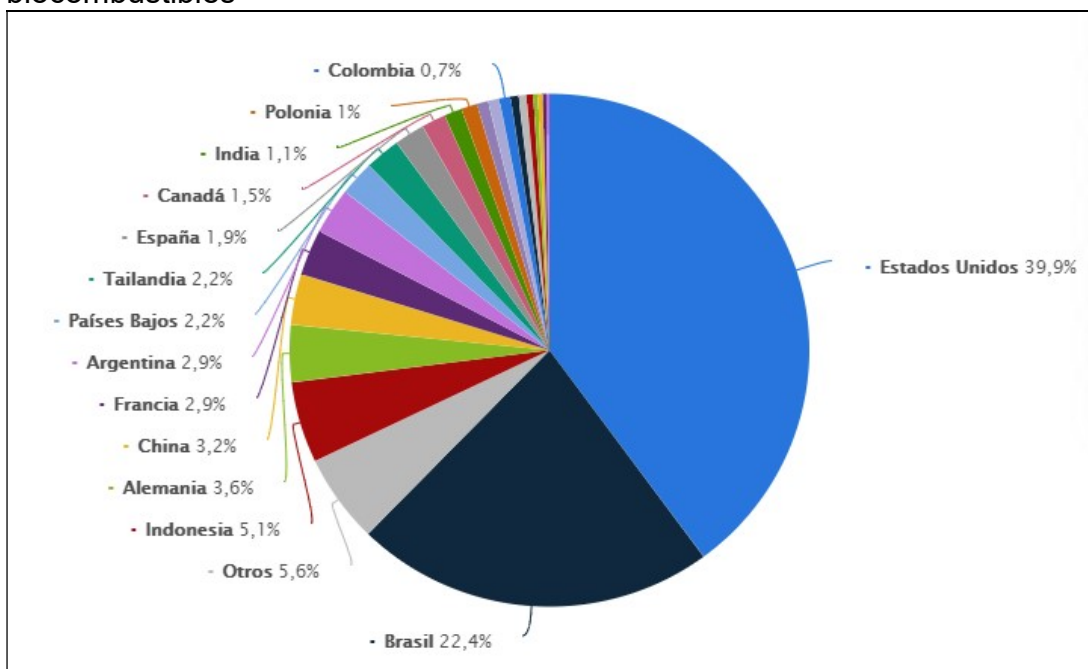
También es necesario considerar que se requiere un fuerte compromiso de los gobiernos de potenciar la productividad agrícola, la distribución de tierras y el incentivo a pequeños productores con espacios de participación en el mercado siendo factores de importancia decisiva las inversiones públicas.

3. BIOCOMBUSTIBLES EN EL MUNDO

El mundo tiene un interés en común, disminuir su huella de contaminación en el planeta y una oportunidad para lograrlo es migrar a energías limpias que permitan el desarrollo comercial de mano de un cambio sostenible. La inmersión en el mercado de los biocombustibles según la FAO en su publicación *Perspectivas agrícolas*³⁴, lo lideran cinco importantes exportadores de etanol: Estados Unidos, Brasil, Pakistán, Unión Europea y Reino Unido; cinco principales importadores de etanol : Brasil, Estados Unidos, Japón, Canadá y China; cinco principales exportadores de biodiesel : Argentina, Unión Europea, Canadá, Estados Unidos e Indonesia y cinco principales importadores de biodiésel : Unión Europea, Estados Unidos, Reino Unido, Perú y Canadá.

La figura comercial y la participación en el mercado global son significativas, (véase Figura 15).

Figura 15. Distribución porcentual de la producción mundial de biocombustibles



Fuente. Producción global de biocombustibles. En: STATISTA. Energía.

³⁴ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo. OCDE-FAO *Perspectivas Agrícolas* 2019/2028. París: Food & Agriculture Org, 2019.344p.

De esta forma se conocen los principales productores de biocombustibles en el mundo, para ello cada uno tiene una fuente diferente para la elaboración de dicho combustible y es necesario clasificar las principales materias primas que se requieren en cada país pues permite notar donde centra su pie de fuerza del sector agroindustrial. (Véase Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de la producción de biocombustibles y principales materias primas

	Clasificación de la producción (periodo base)		Principales materias primas	
	Etanol	Biodiésel	Etanol	Biodiésel
Estados Unidos	1 (50%)	2 (19%)	Maíz	Aceite de soya / varios otros aceites
Unión Europea	4 (5%)	1 (36%)	Maíz / trigo / remolacha azucarera	Aceite de canola / aceites de desecho
Brasil	2 (24%)	3 (12%)	Caña de azúcar	Aceite de soya
China	3 (8%)	8 (3%)	Maíz	Aceites de desecho
India	5 (2%)	15 (0.5%)	Melaza	Aceite de palma
Canadá	6 (1.6%)	10 (1.4%)	Maíz	Aceites de desecho
Indonesia	23 (0.2%)	4 (10%)	Melaza	Aceite de palma
Argentina	9 (1%)	5 (7%)	Maíz / caña de azúcar	Aceite de soya
Tailandia	7 (1.5%)	6 (4%)	Melaza / yuca	Aceite de palma
Colombia	13 (0.4%)	9 (1.5%)	Caña de azúcar	Aceite de palma
Paraguay	15 (0.3%)	19 (0.03%)	Maíz / caña de azúcar	Aceite de soya

Fuente. OCDE-FAO. Perspectivas Agrícolas 2019/2028. Paris: Food & Agriculture Org, 2019.344p.

Nota: Los porcentajes se refieren a la cuota de producción de los países en el periodo base.

Estos países que son relevantes en el mercado se tienen como referencia para poder evaluar si es posible implementar sus prácticas y lograr un modelo económico sostenible, considerando avances, desarrollo y limitaciones.

3.1 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Para el desarrollo de este capítulo se establecen criterios los cuales están implicados en antecedentes de países que han ingresado al uso de biocombustibles que más adelante van a permitir evaluar la favorabilidad de reducir la brecha de biocombustibles en Colombia, estos se han considerado imprescindibles y orientativos para llevar a cabo dicho objetivo.

Se han determinado luego de las diferentes cifras representativas obtenidas a partir de herramientas de investigación y consulta, los diferentes artículos, revistas, libros, a los que se han consultado para llevar a cabo la investigación encabezados por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), mandatos de mezclas en diferentes países, los aspectos que son tenidos en cuenta al evaluar este mercado de combustibles.

3.1.1 Demanda.

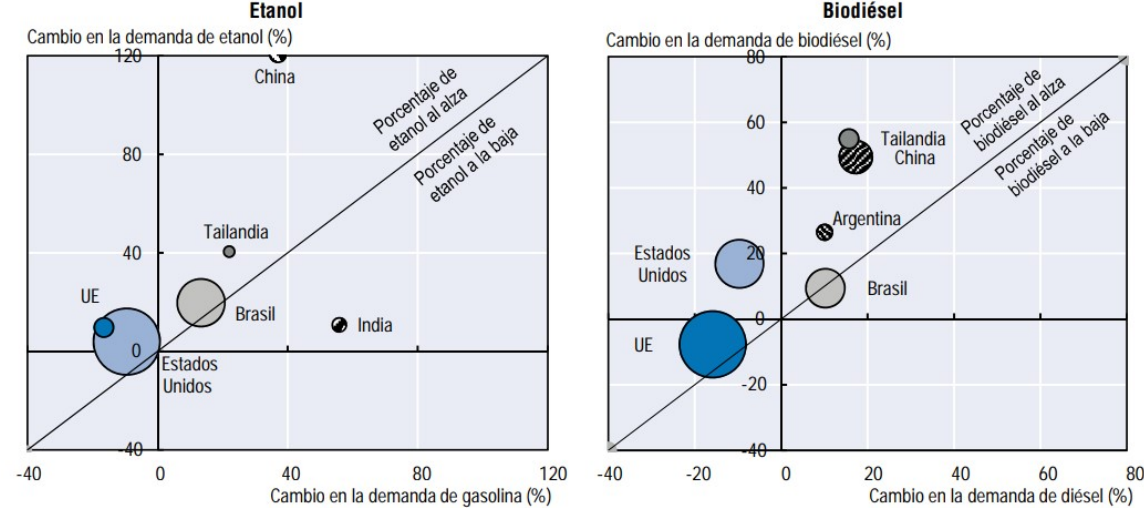
La publicación Perspectivas 35, plantea que la demanda de biocombustibles se sostiene por la mezcla obligatoria y por la progresiva demanda mundial total de combustibles debido a los precios constantemente bajos de la energía. Los coeficientes perjudiciales de los precios de los biocombustibles en comparación con los combustibles convencionales fomentan una demanda adicional de biocombustibles.

Se tiene como limitación la capacidad del sector agrícola de producir materias primas para satisfacer la creciente demanda de biocombustibles en muchos países para así cumplir con las normativas. La producción de biodiésel se ve restringida por la limitada oferta de aceites vegetales, pues compite de manera directa con la demanda alimentaria.

La producción de etanol está sujeta a variaciones en el sector de la caña de azúcar inherentes a la naturaleza fija de la producción de dicho cultivo. Aunque estos retos podrían superarse con la transformación de las materias primas, aún es incierta la posibilidad de aumentar la capacidad de proceso teniendo en cuenta los recursos que son afectados.

³⁵ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2019/2028. Paris: Food & Agriculture Org, 2019.344p.

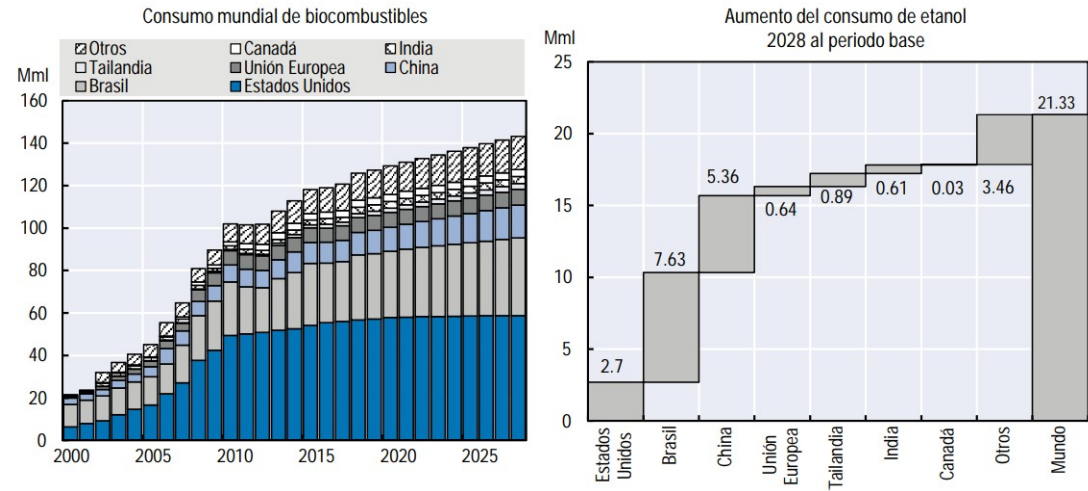
Figura 16.Evolución de la demanda de biocombustibles en las principales regiones



Fuente. OCDE-FAO. Perspectivas Agrícolas 2019/2028. Paris: Food & Agriculture Org, 2019.344p.

Nota:
 Porcentajes calculados sobre las cantidades de demanda expresadas en volumen y comparan 2028 a 2018.
 El tamaño de cada burbuja se relaciona con el volumen de consumo del biocombustible respectivo en 2018.

Figura 17.Desarrollo del mercado mundial de etanol

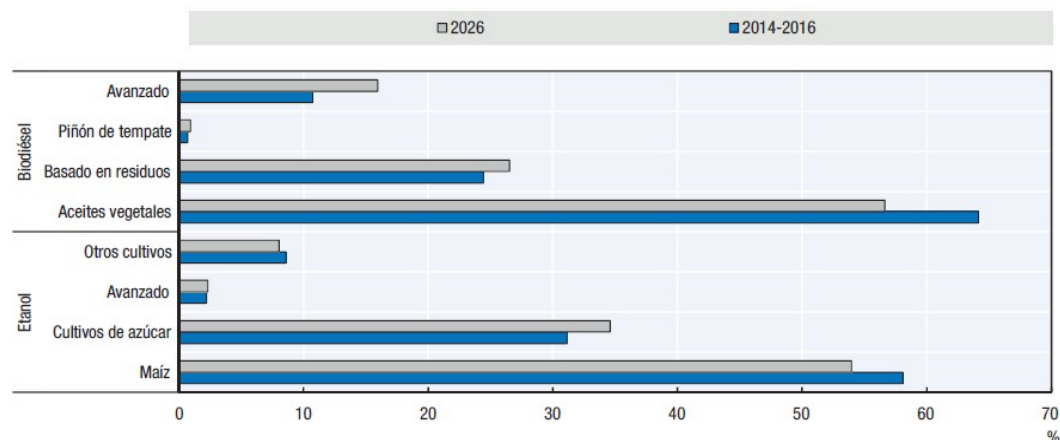


Fuente. OCDE-FAO. Perspectivas Agrícolas 2019/2028. Paris: Food & Agriculture Org, 2019.344p.

3.1.2 Producción.

El comportamiento de los cereales secundarios y la caña de azúcar se mantendrán como la principal materia prima para la producción de etanol (Véase figura 18). En estas proyecciones se prevé que la producción de etanol utilizará 15% y 20% de la producción mundial de maíz y caña de azúcar, respectivamente, en 2026³⁶.

Figura 18. Porcentaje de materias primas utilizadas para la producción de biocombustibles.



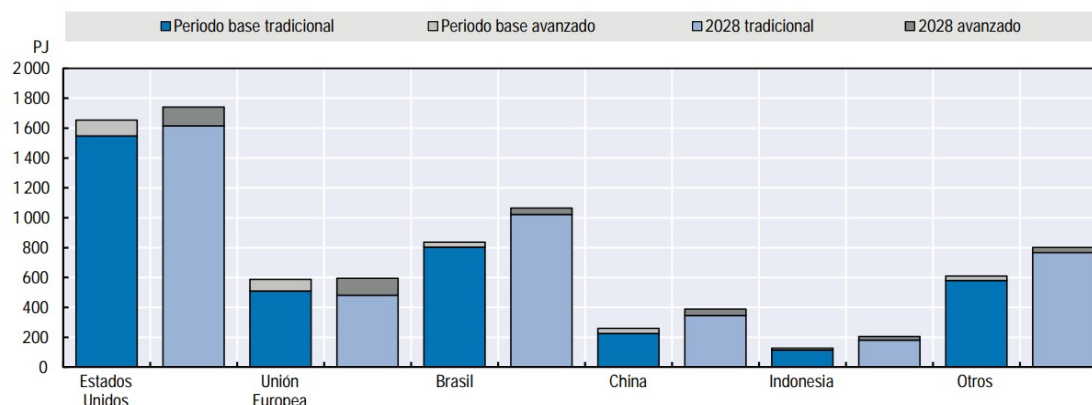
Fuente. OCDE-FAO. Perspectivas Agrícolas 2019/2028. Paris: Food & Agriculture Org, 2019.344p.

La producción mundial de biocombustibles seguirá liderada por las materias primas tradicionales, la gradual sensibilidad al desarrollo de sostenibilidad de la producción de biocombustibles que se tiene en muchos países (Véase figura 19).

Los cereales como el maíz y la caña de azúcar, se conservarán como las primordiales materias primas para etanol. Se espera que el aceite vegetal se conserve como la materia prima predilecta en la producción de biodiesel. La producción de biodiesel basada en aceite de desecho mantendrá su papel importante en la Unión Europea, Canadá y Estados Unidos.

³⁶ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2017/2026.Paris: Editions OCDE, 2017.149p.

Figura 19. Producción mundial de biocombustibles de materias primas tradicionales y avanzadas



Fuente. OCDE-FAO. Perspectivas Agrícolas 2019/2028. Paris: Food & Agriculture Org, 2019.344p.

Nota:

Las materias primas tradicionales se definen aquí como biocombustibles basados en cultivos de productos alimentarios y de forraje.

3.1.3 Precio.

Según la publicación perspectivas³⁷, la FAO establece que si los precios internacionales del petróleo crudo se duplican durante el periodo base esto reduciría la demanda de gasolina y diésel, sobre todo en los países desarrollados. Manteniendo este mismo escenario los precios de los biocombustibles, al igual que los de las materias primas para su producción, mantendrían una tendencia ascendente, pero a un ritmo menor que los precios de la energía.

En este informe de perspectiva basan la investigación de los precios reales que se calculan con base en el deflactor del PIB de Estados Unidos, se maneja el precio mundial del aceite vegetal como suplente del precio de las materias primas para biodiésel, y para el etanol se emplea un promedio ponderado entre el azúcar sin refinar y el maíz. La demanda de biocombustibles deberá sostenerse en los países en desarrollo, dados los avances esperados en la flotilla de transporte y las políticas que prevalecen en Brasil, Argentina, Tailandia, Indonesia, India y China.

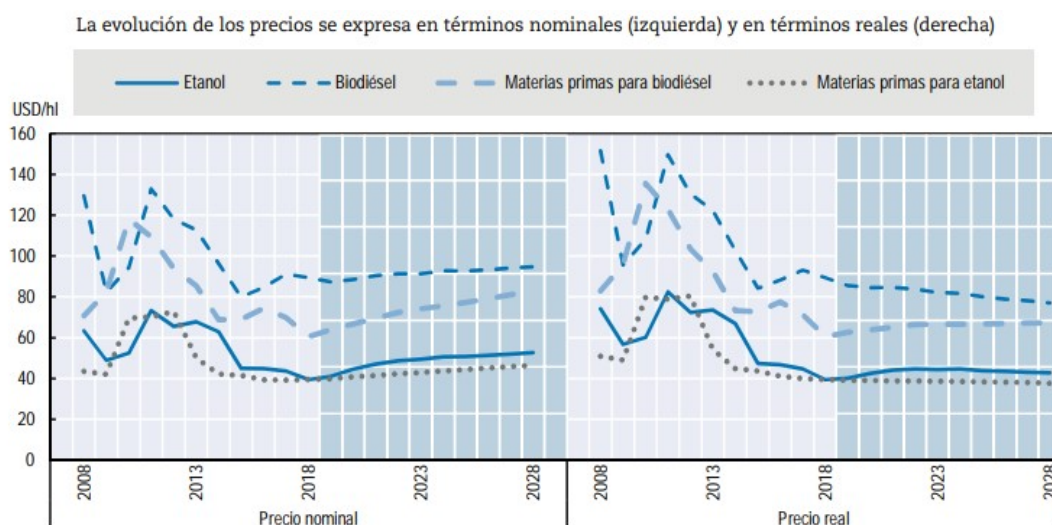
³⁷ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2019/2028. Paris: Food & Agriculture Org, 2019.344p.

La consecuente tendencia ascendente de los precios de los biocombustibles también reflejaría la evolución de los precios de las principales materias primas para la producción de etanol y biodiésel.

En términos nominales, se pronostica que el precio global del etanol aumentará cerca de 3%, durante esto el precio mundial del biodiésel deberá incrementarse 11% (Véase figura 20).

En métodos reales, se estima que el precio mundial del etanol se mantenga constante y que el precio mundial del biodiésel baje de manera moderada en los siguientes años del periodo de la proyección, cuando la demanda deberá reducir en Estados Unidos y la Unión Europea.

Figura 20. Evolución de los precios de los biocombustibles y de las materias primas para biocombustibles



Fuente. OCDE-FAO. Perspectivas Agrícolas 2019/2028. Paris: Food & Agriculture Org, 2019.344p.

Nota: Etanol: precio al mayoreo, Estados Unidos, Omaha; biodiésel: precio al productor, Alemania, neto de aranceles para el biodiésel y el impuesto energético.

3.1.4 Políticas Nacionales.

“Los mayores riesgos e incertidumbres para el desarrollo futuro del sector de biocombustibles se relacionan con el entorno de políticas públicas.

Algunos ejemplos se basan en incertidumbres acerca de los cambios del nivel de las normativas y sus mecanismos de ejecución, las inversiones en materias primas no tradicionales para elaborar biocombustibles y los cambios de las exenciones fiscales para biocombustibles”³⁸.

Los sectores de biocombustibles internacionales se ven afectados en gran medida por políticas nacionales con tres principales objetivos: apoyo a los productores, menores emisiones de gases de efecto invernadero y/o una menor dependencia energética.

3.2 PAÍSES DE REFERENCIA

3.2.1 Estados Unidos.

La industria del biodiesel en Estados Unidos dedicó su primera década, que comenzó alrededor de 1994, a la investigación y el desarrollo. En la siguiente, a partir de 2004, inició la fase de comercialización. El biodiesel percibió un crecimiento importante durante esta década y aumentó hasta llegar a ser aproximadamente 5 % del suministro de diésel para 2013, con lo que se cumplió la visión de la industria de 5 x 15. Ahora la industria comienza su tercera década y tiene una nueva visión, 10 x 22; llegar a ser 10 % del suministro de combustible diésel en 2022.

Esta visión utiliza como referencia la oferta de diésel para transporte vehicular, que es de 40 mil millones de galones, pero se utilizará en todos los mercados de destilados en diversos niveles de mezcla. El Comité Nacional del Biodiésel o National Biodiesel Board (NBB, por sus siglas en inglés) sigue siendo la voz unísona de la industria del biodiésel en EE.UU., compuesta por los productores y procesadores de materias primas, los productores y comerciantes de biodiésel, los distribuidores mayoristas y minoristas de combustibles y los 100 prestadores de servicios de la industria. NBB amplió sus aliados en 2013 anexando a las empresas que producen diésel de hidrocarburos renovables.³⁹

3.2.2 Brasil.

En Brasil la actividad cañera es casi tan antigua como el propio país. Desde el inicio de la colonización portuguesa, el azúcar se convirtió en el principal producto agrícola de exportación; condición mantenida de forma casi continúa desde entonces.

³⁸ OCDE-FAO. Perspectivas Agrícolas 2019/2028. Paris: Food & Agriculture Org, 2019.344p.

³⁹ JOBE, Joe. Perspectives of Biodiesel in the United States of America. En: Revista Palmas. Vol.;1. No 37 (2016); p. 99-106.

Las clases gobernantes y los propietarios de ingenios siempre mantuvieron una relación próxima, garantizando que el área sembrada con tal cultivo no dejase de aumentar a lo largo de la historia nacional, incluso durante sus fases más críticas.

Analizando el empuje otorgado a la actividad cañera, sobre todo en sus momentos de crisis, pueden interpretarse los estímulos dados a la producción del etanol de caña en Brasil. Más que una fuente energética alternativa, el etanol se constituyó en una manera de combatir las crisis cíclicas vividas por el sector cañero nacional. Desde que inició el transporte automotor en el país, el etanol (alcohol) se erigió como la alternativa oficial para evitar tanto las crisis azucareras, como las de combustibles fósiles. Los debates ambientalistas tomaron cuerpo (por ejemplo, Río 92 y el Protocolo de Kioto) y, en el intento de combatir el Calentamiento Global, se confirió al etanol una valorización alta. En la década del 2000 casi la totalidad de la expansión cañera verificada en Brasil se presentó debido a la ampliación de la producción de ese renovable combustible verde.⁴⁰

3.2.3 Indonesia.

En Indonesia, el componente bio en el biodiesel consiste en ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) hechos de aceite de palma. Indonesia tiene 26 productores de FAME, incluidas unidades de gigantes de aceite de palma como Sinar Mas Group, Wilmar (WLIL.SI) y Musim Mas, según la Asociación de Productores de Biocombustibles de Indonesia (APROBI). FAME se suministra a los distribuidores de combustible, incluyendo Pertamina, mezclado con diésel a base de petróleo y vendido a los usuarios finales.

El país asiático actualmente importa alrededor de 400.000 barriles por día de crudo y una cantidad similar de productos refinados, lo que hace que la mayor economía del sudeste asiático sea vulnerable al tipo de incrementos en los precios mundiales del crudo observado durante el año pasado. Con el déficit de la cuenta corriente estimado en 8.000 millones de dólares en 2018, el plan es reducir las importaciones de diésel ordenando que todos los consumidores de diésel, incluyendo plantas de energía y ferrocarriles, usen biodiesel que contenga 20% de contenido biológico (B20), típicamente aceite de palma.

⁴⁰ PRADO, Mateus. A. The ethanol production in Brazil: an example for latin american countries? En: revista colombiana de geografía. Vol.; 21. No 1 (Ene-Jun.2012); p. 147-161.

Los funcionarios estiman que esto le ahorrará a Indonesia alrededor de 6.000 millones por año.⁴¹

3.2.4 Alemania.

En comparación con el diésel convencional, el R33 incluye una fórmula de biocombustible a base de residuos biológicos que ayudan a disminuir el CO₂. Contiene un 33% de restos de aceite de cocina usado, mezclado con un 67% de diésel convencional, aunque incluye una serie de aditivos que ayudan a mejorar la eficiencia calórica.

En Europa ya se comercializa biodiésel, el más popular B7 contiene sólo un 7% de biocombustible, pero también hay B10, B15 y hasta B30, con 10, 15 y 30% de contenido orgánico, pero están disponibles a una escala más reducida. Por lo mismo, este R33 significa un incremento muy sustancial en contenido orgánico, pero, además, al usar aceites usados, hay un doble efecto medioambiental. El R33 BlueDiésel está en fase experimental que ha durado ya seis años, pero, dicen, podría dar el salto comercial más pronto que tarde. El programa se llevó a cabo en la sede de VW en Wolfsburg y participaron 280 autos, y tras los buenos resultados, se instalaron surtidores especiales en la propia ciudad distribuido por Shell. Este nuevo combustible ya cumple la norma europea DIN EN 590, por lo que puede ser comercializado sin restricción alguna, siendo compatible con cualquier modelo equipado con motor diésel, independiente de la norma Euro que cumpla. En Alemania se presenta el R33, un combustible que incorpora un mayor porcentaje de residuos orgánicos reciclados.⁴²

3.2.5 China.

Más de 40 países y regiones consumen alrededor de 600 millones de toneladas de etanol cada año, lo que representa alrededor del 60 por ciento del consumo anual de gasolina del mundo. China es el tercer productor mundial de bioetanol y utiliza cerca de 2,6 millones de toneladas al año.

⁴¹ Periódico de la energía. Indonesia apuesta por el biodiesel con aceite de palma para limitar los costes de las importaciones de petróleo. {En línea}. {02 abril de 2020} disponible en: (<https://elperiodicodelaenergia.com/indonesia-apuesta-por-el-biodiesel-con-aceite-de-palma-para-limitar-los-costes-de-las-importaciones-de-petroleo/>).

⁴² PALOMINO, Marcelo. BlueDiésel, el nuevo combustible ecológico. {En línea}. {02 abril de 2020} disponible en: (<https://noticias.autocosmos.com.co/2019/05/03/bluediesel-el-nuevo-combustible-ecologico>).

La gasolina mezclada con etanol representa un quinto de su consumo anual de gasolina.

Según el plan, China pretende construir un sistema avanzado de biocombustibles líquidos y poner en funcionamiento una instalación de demostración que será capaz de producir 50.000 toneladas de etanol celulósico al año, para 2020.

China lanzó varios programas piloto para convertir el maíz en etanol en 2004, como parte de sus esfuerzos para reducir las emisiones y avanzar en nuevas energías. El país asiático prohibió en 2007 el uso de cereales para la producción de etanol para garantizar que la oferta de alimentos era suficiente y, desde entonces, los productores de biocombustibles se han centrado en la patata, el sorgo y la paja.

La prohibición se levantó posteriormente en 11 provincias, entre las que estaban Jilin, Liaoning y Heilongjiang, en el noreste; Hebei, en el norte; Anhui, Shandong y Jiangsu, en el este; Henan y Hubei, en el centro; y la región autónoma de la etnia zhuang de Guangxi, en el sur. Guangxi es el primer lugar de China en el que se produjo etanol con yuca en lugar de con cereal con fines comerciales.⁴³

3.2.6 Francia.

La Asamblea Nacional francesa aprobó, dentro de la votación de la ley de presupuestos para 2019, las nuevas obligaciones de incorporación de biocarburantes en gasolinas y gasóleos, que se quedan en un 8,2 por ciento para 2020.

Sin embargo, la frase que retiene todas las miradas es la siguiente: “Ne sont pas considérés comme des biocarburants les produits à base d'huile de palme”. Es decir, que los combustibles que utilicen aceite de palma no se consideran ya biocarburantes y no sirven para cumplir con el objetivo mencionado. Francia se une así a decisiones similares tomadas en el Reino Unido y Noruega. En el país galo el biodiésel de aceite de palma no contará para el cumplimiento de los nuevos objetivos de biocarburantes en el transporte para 2020 que se fijaron durante la misma aprobación de los presupuestos. En concreto será del 8,2 por ciento para dicho año a partir del 7,5 por ciento establecido para 2018 y el 7,9 que se fija para 2019.

Francia produce biodiésel con colza.

La industria francesa de los biocarburantes y del biodiésel en particular no ha mostrado una oposición notoria a esta decisión.

⁴³ XINHUANET.China planea uso nacional de bioetanol en 2020. {En línea}. {02 abril de 2020} disponible en: (http://spanish.xinhuanet.com/2017-09/13/c_136606276.htm).

Global Bioenergies, centrada en los de segunda generación, ha recibido con satisfacción los nuevos objetivos porque los considera acordes con la hoja de ruta de Francia de llegar a 2030 con un 15 por ciento de renovables en el transporte y afirma que “el sector podrá continuar creando fábricas y empleos en las áreas rurales mientras se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero del sector del transporte”.⁴⁴

3.2.7 Argentina.

La matriz energética argentina está basada en derivados del petróleo (33%) y del gas natural (54%), totalizando un 87% de energía no renovable, recursos que ofrecen un horizonte local de reservas en franca disminución, o mucho más costosa si se consideran los yacimientos no convencionales. Dentro del sector del transporte, el consumo comprende un 66% de gasoil, 17% de naftas y 17% de GNC.

La sanción de la Ley Nacional de Biocombustibles 26.093, reglamentada en el año 2007, establecía un régimen de desgravaciones y otros incentivos para promover su producción, fijando asimismo como corte obligatorio a partir del año 2010, un 5% de biodiesel al gasoil y 5% de bioetanol a las naftas. Una adenda del año 2010 elevó el valor de corte al 7% en gasoil. Hoy el corte es del 10%, pero a mediano / largo plazo, el corte en el transporte irá aumentando lentamente, pasando por el 12%, luego al 15% y en algunos segmentos de consumo, como transporte automotor de pasajeros y agro, se podría llegar a un 20%. El corte de bioetanol en las naftas, hoy se encuentra en el 12%. Desde la reglamentación de esa ley, este desarrollo ha sido muy bueno para el país. Argentina es hoy uno de los países de mayor difusión en el uso de biocombustibles líquidos y se ha posicionado a nivel mundial como uno de los países con mayor porcentaje de corte de biodiesel en gasoil a la par de Alemania y Francia.⁴⁵

3.2.8 Países Bajos.

Se está estudiando todavía la viabilidad que utilice múltiples materias primas, lo que significa que puede utilizar materias primas diferentes como la mandioca, el sorgo y la caña de azúcar.

En la actualidad, sólo tres empresas están produciendo etanol -San Carlos Bioenergía Inc., Bioenergía Roxol y Leyte Agri Corp.- su capacidad instalada es de hasta 80 millones de litros, pero la producción real es menor.

⁴⁴ RICO, Javier. Francia elimina la condición de biodiésel al producido con aceite de palma. {En línea}. {02 abril de 2020} disponible en: (<https://www.energias-renovables.com/biocarburantes/francia-elimina-la-condicion-de-biodiesel-al-20190111>).

⁴⁵ FALASCA, Silvia. Cultivos energéticos para biocombustibles de 1ª y 2ª generación: la aptitud agroclimática Argentina. Editorial Académica Española, 2012. 218p.

La demanda total de etanol para año se estimó en 265 millones de litros mientras que la oferta sigue siendo estimada en 29 millones de litros, o sólo el 10 por ciento del requerimiento.

En la actualidad, los productores locales de etanol están a la espera de la emisión de directrices para la fijación de precios y la asignación de etanol producido localmente entre las compañías petroleras.

El Departamento de Energía está esperanzado en que pronto se podría emitir la circular, ya que se espera que se ayude a impulsar la industria del etanol en dentro de la crisis local en la que se encuentra.⁴⁶

3.2.9 España.

El biodiésel exportado desde Indonesia a la Unión Europea, producido con aceite de palma, volverá a gravarse con un derecho anti-subsidación provisional de hasta el 18 por ciento.

Una investigación, y posterior reglamento, de la Comisión Europea concluye que “los productores indonesios de biodiesel se benefician de subvenciones, incentivos fiscales y acceso a materias primas por debajo de los precios del mercado”.

La medida tiene una repercusión especialmente positiva para la industria española, uno de los principales importadores de aceite de palma desde Indonesia para fabricar biodiésel.

Desde la industria española, una de las principales productoras europeas de biodiésel con aceite de palma procedente de Indonesia, se ha recibido la noticia con gran satisfacción.

Según Manuel Bustos, director de la sección de Biocarburantes de la Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA), “en los cinco primeros meses de este año las importaciones superaron las 255.000 toneladas, el doble que en el mismo período del año anterior.”⁴⁷

⁴⁶ Fedebiocombustibles. Empresa holandesa analiza la construcción de una planta de etanol en Filipinas. {En línea}. {02 abril 2020} disponible en: (<https://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-927.htm>).

⁴⁷ Energías Renovables. España, una de las principales beneficiadas por los nuevos aranceles al biodiésel de Indonesia. {En línea}. {02 abril 2020} disponible en: (<https://www.energias-renovables.com/biocarburantes/espana-una-de-las-principales-beneficiadas-por-20190902>).

3.2.10 Canadá.

Advanced Biofuels Canada lanzó su informe anual de Biocombustibles en Canadá, que cataloga las tasas de mezcla de biocombustibles, los tipos de biocombustibles y las materias primas utilizadas a nivel provincial. Las reducciones de gases de efecto invernadero se evalúan anualmente por tipo de combustible, con estimaciones del impacto de los biocombustibles en los gastos de combustible de los consumidores, los costos de reducción de GEI y el impacto de las políticas tributarias sobre los combustibles con bajo contenido de carbono.

El informe indicó que el consumo de etanol aumentó de aproximadamente 1.700 millones de litros en 2010 a 2.850 millones de litros en 2016, lo que representa más del 6% del consumo de combustible en el grupo de gasolina. El consumo de combustible renovable en el grupo de diésel fue de 540 millones de litros en 2016, lo que representa aproximadamente el 2% del consumo de combustible diésel. El consumo de biocombustibles redujo los gastos de combustible en Canadá en un 0.26% de 2010 a 2016, en relación con un escenario contra factual de no mezcla de biocombustibles. El impacto en el costo es equivalente a un ahorro promedio de \$ 16 / año para un consumidor de gasolina arquetípico (es decir, un vehículo privado de servicio liviano) o un costo adicional de \$ 223 / año para un consumidor de diésel arquetípico (es decir, un camionero de larga distancia).⁴⁸

3.2.11 India.

El comercio entre India y Brasil rebasó los 8.000 millones de dólares en 2018-2019.

Las principales exportaciones de India incluyen químicos orgánicos, sustancias químicas, medicamentos, maquinaria y textiles. Las principales exportaciones de Brasil a India incluyen productos petrolíferos, como crudo, además de azúcar de caña, mineral de cobre, aceite de soya y oro. Según el Ministerio de Relaciones Exteriores de India, diversas compañías brasileñas han invertido en el país en las industrias automovilísticas, del calzado, energía, biocombustibles, minería y tecnología de la información. Las compañías de India han invertido en Brasil en sectores como la tecnología de la información, farmacéutico, energía, agro negocios, minería y automóviles.⁴⁹

⁴⁸ TAVARES, Helena. El informe anual de Biocombustibles de Canadá muestra que el consumo de biocombustibles aumenta. {En línea}. {02 abril 2020} disponible en: (<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/08/18/annual-biofuels-canada-report-shows-biofuel-consumption-up/>).

⁴⁹ Infobae. India y Brasil pactan lazos en biocombustibles y otras áreas. {En línea}. {02 abril 2020} disponible en: (<https://www.infobae.com/america/agencias/2020/01/25/india-y-brasil-pactan-lazos-en-biocombustibles-y-otras-areas/>).

3.3 LIMITACIONES

A continuación, se presenta un cuadro resumen (véase cuadro 2), en “Desarrollo en biocombustibles”, muestra medidas, decisiones del gobierno, planes, estrategias o proyectos que se han adoptado en cada país para fortalecer el desarrollo de los biocombustibles desde su manejo de capital, políticas ambientales, en sí, cada desarrollo que es totalmente diferente en la medida de adaptar este biocombustible a su modelo económico.

Si bien estas medidas que se resumen de los países de referencia en el mercado de biocombustibles son evidencia de una gran trayectoria, experiencia y adaptabilidad, se pueden reconocer como limitación para el mercado de biocombustibles colombiano, las limitaciones se explican por las distintas manifestaciones de la dependencia, tanto externa como interna:

Dependencia comercial de los mercados de los países centrales, en los que se llevan a cabo todo tipo de prácticas proteccionistas frente a los productos de los países subdesarrollados, y de los canales de distribución, controlados generalmente por grandes grupos monopólicos; dependencia tecnológica de un modelo exógeno, diseñado según las finalidades de los grandes grupos industriales, al que no pueden acceder los países subdesarrollados más que con la adquisición de dicha tecnología, en un proceso que aumenta las distancias de continuo; dependencia financiera de un sistema monetario y financiero internacional controlado por los principales países industrializados capitalistas, y de forma notoria por Estados Unidos, el país emisor de la principal moneda de reserva mundial, que es hoy, además, el país más endeudado del mundo; dependencia cultural de un modelo de consumo de masas estandarizado y funcional en la producción en masa, difundido a través de las principales agencias monopólicas de medios de comunicación e información internacionales, y, en última instancia, dependencia política y militar, ya que las presiones políticas e incluso la presencia militar condicionan severamente las posibilidades de actuación política y economía internas.⁵⁰

⁵⁰ El País. Subdesarrollo y dependencia. {En línea}. {22 mayo 2020} disponible en: (https://elpais.com/diario/1987/03/30/economia/544053601_850215.html).

Cuadro 2. Desarrollo en biocombustibles de países de referencia

<i>País de referencia</i>	<i>Desarrollo en biocombustibles</i>
<i>Estados Unidos</i>	Hacer de los productores y procesadores de materias primas, los productores y comerciantes de biocombustible, los distribuidores mayoristas y minoristas de combustibles y los prestadores de servicios de la industria, aliados. En voz de Comités Nacionales para permitir la participación conjunta de estos sectores.
<i>Brasil</i>	Garantizar que el área sembrada para cultivos no deje de aumentar a lo largo del tiempo, incluso durante sus fases más críticas.
<i>Indonesia</i>	Reducir las importaciones de diésel ordenando que todos los consumidores de diésel, incluyendo plantas de energía y ferrocarriles, usen biodiesel que contenga 20% de contenido biológico (B20), típicamente aceite de palma.
<i>Alemania</i>	Incluir en la fórmula de biocombustible 33% de residuos biológicos, en este caso son restos de aceite de cocina usado, mezclado con un 67% de diésel convencional.
<i>China</i>	Prohibir el uso de cereales para la producción de etanol para garantizar que la oferta de alimentos sea suficiente y los productores de biocombustibles se centren en la patata, el sorgo y la paja.
<i>Francia</i>	Dictar como política nacional que, los combustibles que utilicen aceite de palma no se consideran ya biocarburantes y no sirven para cumplir con el objetivo mencionado.
<i>Argentina</i>	Establecer un régimen de desgravaciones y otros incentivos para promover la producción de biocombustibles.
<i>Países Bajos</i>	Utilizar múltiples materias primas, como la mandioca y el sorgo.
<i>España</i>	Beneficiar a productores de biocombustibles con incentivos fiscales y acceso a materias primas por debajo de los precios del mercado.
<i>Canadá</i>	Evaluar las reducciones de gases de efecto invernadero anualmente por tipo de combustible, con estimaciones del impacto de los biocombustibles en los gastos de combustible de los consumidores, los costos de reducción de GEI y el impacto de las políticas tributarias sobre los combustibles con bajo contenido de carbono.
<i>India</i>	Conformar relaciones exteriores con diversas compañías que inviertan en el país en las industrias que carezcan de recursos y potenciar todos los sectores.

Fuente. El Autor

4 ANÁLISIS DE FAVORABILIDAD

Las necesidades en aspectos como suelo, agua, nutrientes y clima de diferentes cultivos que son empleados como materia prima para la obtención de biocombustibles, se presentan a continuación (véase Figura 21), teniendo en cuenta estas necesidades se lleva a cabo el análisis de favorabilidad de reducir la brecha de los biocombustibles en Colombia según países de referencia e implicaciones directas e indirectas que conlleva el expandir la producción de biocombustibles en el país.

Figura 21. Requerimientos preliminares de algunas materias primas empleadas para la obtención de biocombustibles

Requerimientos de los cultivos				
Tipo de cultivo	Suelo	Agua	Nutrientes	Clima
Cereales		---	Medio.	Moderado.
Maíz	Suelo bien aireado y bien drenado.	Uso eficiente.	Alta fertilidad.	Condiciones tropicales.
Palma de aceite	Buen drenaje, pH entre 4 y 7, superficie plana, rica y profunda.	Lluvia uniforme de 1.800 y 5.000 mm por año.	Bajo.	Tropical y subtropical con temperatura de 25-32° C.
Colza	Suave, arcilloso, textura media, bien drenado.	Mínimo de 600 mm de precipitación por año.	Semejante al trigo.	Sensible a altas temperaturas, mejor crecimiento entre 15 y 20° C.
Soya	Suelo aluvial húmedo con buen contenido orgánico, alta capacidad de agua, buena estructura.	Alto.	Óptimo pH de 6 a 6,5	Tropical, subtropical y clima moderado.
Remolacha	Media a baja textura pesada, buen drenaje, tolerante a la salinidad.	Moderado, en el rango de 550 a 750 mm. de lluvia en el período de crecimiento.	Alta demanda de fertilizantes. Cantidades adecuadas de nitrógeno.	Variedad de climas moderados.
Caña de azúcar	Preferiblemente bien aireado con buena cantidad de agua (15% o más).	Lluvia alta e igualmente distribuida en el transcurso de las estaciones.	Alto nitrógeno y potasio.	Tropical o subtropical.
Trigo	Textura media.	Alto.	Alto.	Climas moderados, en el subtropical con inviernos lluviosos, en los trópicos en regiones montañosas.
Higuerilla	pH entre 5,0 y 6,5	Por lo menos, 400 mm. de lluvia en los períodos de brotación y florecimiento.	Demanda razonable de nutrientes esenciales, especialmente nitrógeno, potasio, fósforo, calcio y magnesio.	Tropical, con temperatura de 20-30° C.
Jatropha curcas	Suelo semiárido.	Por lo menos 400 mm. de lluvia durante el año.	---	---

Fuente. PALMAS. Biocombustibles, medio ambiente, tecnología y seguridad alimentaria. En: Renewable and Sustainable Energy Reviews. Mayo, 2009.vol 30, no.1, p.21

4.1 LOS CAMBIOS DIRECTOS E INDIRECTOS DEL USO DE LA TIERRA QUE CONLLEVA LA EXPANSIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES.

Los cambios directos de uso de la tierra se producen cuando una nueva actividad se desarrolla en un área específica de tierra, y este cambio de uso se puede observar y medir. Los cambios indirectos del uso de la tierra se producen como una consecuencia no deseada de las decisiones de uso de la tierra en otros lugares. A diferencia de los anteriores, un cambio indirecto del uso de la tierra no puede ser directamente observado ni medido, ni tampoco puede ser aislado de otros factores que también pueden incidir en los cambios de uso, como por ejemplo la disminución de la rentabilidad o los cambios en las políticas de apoyo.

La razón por la cual los cambios indirectos constituyen una preocupación relevante radica en el riesgo de que los cultivos usados para producir biocombustibles puedan desplazar otras actividades de producción agrícola o pecuaria hacia tierras con coberturas que constituyen reservas de carbono y que finalmente se generen significativas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) procedentes de la conversión de tierras, lo que podría anular cualquier reducción lograda con la implementación de los biocombustibles⁵¹.

4.2 EVIDENCIA DE CAMBIOS GENERADOS POR EXPANSIÓN INDISCRIMINADA DE CAÑA DE AZÚCAR EN BRASIL

El 90% de la caña de azúcar en Brasil se cultiva en el sureste, en los Estados de Sao Paulo, Goiás, Mato Grosso y Paraná. En estas regiones la expansión de los cultivos de azúcar ha ocurrido sobre cultivos de soja, pastos y sobre áreas que antes eran forestales o reforestadas⁵²

A su vez la ganadería se ha extendido hacia el norte y centro- oeste, donde se encuentra la selva amazónica y el Cerrado. La actual expansión de la ganadería se considera el principal factor de deforestación de la selva amazónica.

En el período 1997-2007, el número de cabezas de ganado en el Amazonas

⁵¹ CASTIBLANCO, Carmenza. HORTUA, Sonia. Paradigma energético de los biocombustibles y sus implicaciones: panorama mundial y el caso colombiano. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Instituto de Estudios Ambientales y Rurales.2012. p.5-26

⁵² Schlesinger, Sergio. Sugar cane and land use change in Brazil: Biofuel crops, indirect land use change and emissions. En: Friends of the Earth Europe. Agosto, 2010. p.8

aumentó en 78% y actualmente esta región alberga el 35% del total nacional de cabezas de ganado. No hay cálculos precisos de las emisiones generadas por los cambios indirectos del uso de la tierra, pero se estima que podrían estar muy por encima del ahorro de carbono generado por la utilización de biocombustibles⁵³.

La expansión de la caña de azúcar y su contribución indirecta a la deforestación en los Estados del sudeste de la Amazonia Brasileira, ha sido ampliamente documentada por Goldemberg y Guardabassi⁵⁴.

4.3 EVIDENCIA DE CAMBIOS GENERADOS POR EXPANSIÓN INDISCRIMINADA DE SOJA EN ARGENTINA

Argentina es uno de los principales productores de soja en el mundo. La expansión sojera ha implicado la deforestación de aproximadamente 2,5 millones de hectáreas de bosques nativos ubicados en el noreste de Argentina⁵⁵

Se prevé que para suplir las demandas nacionales alimenticias de aceite de soja y otros derivados se tendrá que importar aceite de palma, lo que fomentaría el aumento de la producción en los principales países productores como Indonesia, Malasia y Colombia, generando cambios indirectos de uso del suelo en estos países⁵⁶

4.4 EVIDENCIA DE CAMBIOS GENERADOS POR PALMA DE ACEITE EN DIFERENTES PAÍSES PRODUCTORES

Griffiths⁵⁷, describe el caso de la compañía Sime Darby de Malasia, la cual vende tanto aceite de palma certificado por la RSPO (Roundtable on Sustainable Oil Palm o Mesa Redonda del Aceite de Palma Sostenible), como aceite de palma no certificado.

⁵³ Ibid., p.8.

⁵⁴ GOLDEMBERG, José. GUARDABASSI, Patricia. Are biofuels a feasible option? En: Energy Policy. Enero, 2009. vol.37, no. 1, p. 10-14

⁵⁵ PARUELO, Jose.GUERSCHMAN, Juan. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. En: Ciencia hoy.2005. p. 14-23

⁵⁶ SHEIL, Douglas. CASSON, Anne. MEIJAARD, Erik. NORDWIJK, Van. GASKELL, Joanne. SUNDERLAND- GROVES, Jacqueline. WERTZ, Karah. KANNINEN, Markku.. The impacts and opportunities of oil palm in Southeast Asia: What do we know and what do we need to know? . En: Center for International Forestry Research. Enero, 2009.no. 51

⁵⁷ GRIFFITHS, Hannah. El aceite de palma "sostenible" impulsa la deforestación Cultivo de agrocombustibles, cultivo de agrocombustibles, el cambio indirecto del uso de la tierra y las emisiones. En: Friends of the Earth Europe.Septiembre,2010. p. 1-8

Cinco de las 65 unidades de producción que tiene Sime Darby tienen certificaciones de la RSPO. Dichas plantaciones certificadas son las que suministran el aceite de palma para producción de biocombustibles. Las otras 60 plantaciones y las nuevas que han establecido para producir el aceite de palma y otros subproductos derivados que son demandados por otras industrias (alimentos y cosméticos) se producen en las plantaciones no certificadas y en las plantaciones nuevas. Este es el caso de 220.000 hectáreas de palma que recientemente se implementaron en Liberia (África) y otras tantas plantaciones nuevas ubicadas en Kalimantan Occidental (Indonesia), todas sobre ecosistemas de selva tropical.

Esta es otra de las formas en las que el mercado de biocombustibles y las nuevas exigencias de certificación impulsan los cambios indirectos. El caso de Indonesia es realmente alarmante, porque a pesar de albergar la más amplia cobertura de bosque tropical en Asia, sufre la deforestación más rápida del mundo: 5,39 millones de hectáreas de bosques se perdieron entre 2000 y 2008 (el 9,2% de la cubierta forestal original de Indonesia en 2000), de las cuales más de 2 millones (incluidos los bosques protegidos y las áreas de conservación) se han convertido ilegalmente en plantaciones de aceite de palma⁵⁸

Con excepción de Brasil, en Suramérica se han realizado pocos análisis espaciales dirigidos a evaluar las transiciones del uso de los suelos generadas por la expansión de los biocombustibles. En Colombia, un estudio reciente analiza la expansión de los cultivos de aceite de palma durante el periodo 2002-2008. Se observa que, en las tres principales zonas productoras de palma de aceite en el país, la gran transición de uso se ha dado de pastos hacia palma (>50% del cambio de uso), en menor proporción el cambio de uso se ha dado de agricultura mixta, vegetación secundaria y bosques hacia palma⁵⁹

En Perú se realizó una evaluación del área deforestada en la Amazonía por la expansión del cultivo de palma, utilizando datos de satélite e información de campo. Se encontró que el 72% de las nuevas plantaciones se expandieron sobre áreas boscosas. Adicionalmente se evaluó la deforestación generada por los pequeños y grandes productores de aceite de palma en la región de Ucayalí. Los resultados revelaron que los pequeños productores representaban la mayor expansión (80%) pero sólo el 30% de este crecimiento se llevó a cabo sobre coberturas de bosque. Por

⁵⁸ KOH, Lian. GHAZOU, Jaboury. Spatially explicit scenario analysis for reconciling agricultural expansion, forest protection, and carbon conservation in Indonesia. En: PNAS. junio, 2010. p.5

⁵⁹ CASTIBLANCO, Carmenza. Etter, Andres.T, Aide. The future expansion and consequences of oil palm plantations for biodiesel production in Colombia. En: Environmental Science & Policy. Marzo, 2013. vol.27, p.172-183

otra parte, los productores de alto rendimiento requirieron el 64% menos de tierra para lograr la misma producción que los de bajo rendimiento, pero 58% de las tierras ocupadas fueron bosques. Es decir que la producción de palma africana de alto rendimiento convirtió una mayor proporción de área forestal⁶⁰.

4.5 EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO (GEI) COMO IMPACTO DE CAMBIOS INDIRECTOS

Un argumento fuerte para la promoción de la producción y uso de los biocombustibles es su aporte a la reducción de emisiones de GEI.

En la publicación, Biocombustibles y cambio indirecto del uso del suelo, presentada por Ernst & Young, analizaron el efecto que tendría el drenaje y limpieza de las turberas (humedal ácido en el cual se ha acumulado materia orgánica) de Indonesia para replantarlas con aceite de palma. Encontraron que el carbono liberado por la descomposición de la turba es 420 veces mayor que el ahorrado por el uso de un año de biodiesel de palma. Esto significa que se necesitarían 420 años de uso de biocarburantes para pagar "la deuda de carbono" que se libera del drenaje y limpieza de las turberas.

Se estimó que las emisiones generadas por el cambio de uso del suelo a nivel global, encontrando que el etanol a base de maíz duplica las emisiones de efecto invernadero más de 30 años y aumenta los GEI de 167 años.

Y se obtuvo que la palma de aceite reporta la deuda más grande de carbono debido a que gran parte de la expansión en los países estudiados se produjo a expensas de densas selvas tropicales y turberas.

El cálculo se basa en datos históricos sobre expansión de la tierra y aumentos de los rendimientos para producir biocombustibles. Estos autores encuentran que, por cada hectárea de tierra dedicada a la producción de biocombustibles, 0,32 hectáreas se convierten en tierras de cultivo en otra región del mundo. Los resultados dejan ver que las emisiones generadas por los cambios indirectos son sustancialmente mayores si se comparan con el combustible fósil tradicional. Adicionalmente, estiman el tiempo real que se requeriría para que a través de los biocombustibles se comenzaran a reducir estas emisiones de carbono: en promedio son 35 años para el etanol y 50 años para el biodiesel.

⁶⁰ GUTIÉRREZ, Victor. DEFRIES, Ruth. PINEDO, Miguel. URIARTE, Maria. PADOCH, Christine. BAETHGEN, Walter. FERNANDES, Katia. LIM, Yili. High-yield oil palm expansion spares land at the expense of forests in the Peruvian Amazon. En: Environmental Research Letters. Diciembre, 2011. p.6

Analizan esta situación y recomiendan asumir un enfoque preventivo en el diseño de políticas. Si bien es cierto que este enfoque no asegura que los impactos negativos de los cambios indirectos no aparecerán, sí permite reducir la probabilidad de eventos adversos, ya que supone la capacidad de identificar el nivel correcto de los requisitos de sostenibilidad y de los umbrales críticos de emisiones de GEI.

Por último, se debe recalcar que los cambios indirectos no son un fenómeno exclusivo generado por los biocombustibles que se presenta en regiones específicas. Cualquier forma de demanda adicional en el sistema agrícola mundial tiene el potencial para crear cambios indirectos. Hay que tener en cuenta que los biocombustibles actualmente representan una proporción muy pequeña de la producción agrícola mundial, aproximadamente el 2%. Otros usos del suelo no agrícolas también pueden resultar en cambios indirectos, tales como las exploraciones y explotaciones petroleras, la minería, la expansión urbana o la construcción de infraestructura⁶¹.

4.6 EL AGUA PREDESTINADA A PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

Según el tercer informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, emitido por la UNESCO⁶², cerca del 10 % del abastecimiento total de energía procede de la biomasa, y la mayoría de ese porcentaje (80%) procede de los recursos tradicionales de biomasa de la madera, estiércol y residuos de cultivos.

Se tiene que aproximadamente el 5% de la biomasa se utiliza para producir biocombustibles líquidos destinados a los medios de transporte, lo que actualmente representa menos del 2% de la energía consumida por el transporte en todo el mundo. Por otra parte, la proporción de biodiesel en el mercado de combustible diésel destinado a los medios de transporte se estimó en 0,5% en los Estados Unidos, 1,1% en Brasil y 3,0% en la Unión Europea.

En consecuencia, el potencial energético de los biocombustibles convencionales a escala mundial, está limitado por la disponibilidad de agua y tierras adecuadas para los cultivos, así como por el alto costo de la mayoría de las tecnologías convencionales.

⁶¹ Ernst & Young. Biofuels and indirect land use change. The case for mitigation. En: IUCN.2011. p.49

⁶² UNESCO. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). En: UNESCO.vol.3, p.16

Entre las tecnologías actuales, sólo el etanol producido a partir de caña de azúcar en Brasil, el etanol producido como un subproducto de la producción de celulosa (como en Suecia y Suiza) y el biodiesel producido a partir de grasas animales y aceite de cocina usado, pueden reducir sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con la gasolina y el diésel mineral. El estudio concluye que el resto de tecnologías bioenergéticas convencionales suelen ofrecer reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero de menos del 40% en comparación con sus alternativas fósiles.

De manera global, el agua destinada a la producción de biocombustibles está estimada en 44 km³, es decir, 2% del total del agua de irrigación. Bajo las actuales condiciones de producción, se necesita un promedio de 2.500 litros de agua (cerca de 820 litros de agua de irrigación) para producir un litro de biocombustible.

De permitir la expansión de los biocombustibles, la implementación de todas las políticas y planes nacionales actuales en torno a los biocombustibles necesitaría de 30 millones de hectáreas de tierra cultivable y 180 km³ adicionales de aguas de irrigación y se estima que la producción de bioenergía ha provocado un aumento de hasta un 70-75% de los precios globales de algunas reservas de alimentos, entre los que se incluiría un incremento del 70% del precio del maíz.

4.7 LOS IMPACTOS PARA LOS SERVICIOS ECO SISTÉMICOS PROCEDENTES DEL AGUA

Los biocombustibles incursionan como un factor adicional que intensifica la competencia por el agua y la tierra. Aunque actualmente la contribución de los cultivos energéticos en la demanda global de agua en la agricultura es modesta, se calcula que alrededor del 1% de toda el agua extraída para fines agrícolas se utiliza para el riego de materias primas⁶³

Las necesidades de agua para producir energía a partir de biomasa son altas, pueden ser alrededor de 70 a 400 veces más que los requerimientos de otras formas de energía, tales como los combustibles fósiles, la energía eólica y la solar⁶⁴.

⁶³ IWMI. Agua para la alimentación Agua para la Vida. En: IWMI.2008. p.57

⁶⁴ GERBENS-LEENES, P. HOEKSTRA, A. VAN DER MEER, Th. The water footprint of bio-energy: global water use for bio-ethanol, biodiesel, heat and electricity. En: UNESCO-IHE Value of Water Research Report. Agosto,2008. no.34, p.108

Dependiendo de factores como el tipo de cultivo, el tipo de suelo, el clima, las prácticas agronómicas y la eficiencia de las tecnologías de producción.⁶⁵

En la tesis Paradigma energético de los biocombustibles y sus implicaciones⁶⁶, se tienen en cuenta los consumos de agua en las diferentes etapas de producción de los biocombustibles, encontrando que la fase de cultivo de la materia prima es la que más utiliza agua, alrededor del 90%, mientras que el 10% restante se utiliza en la fase industrial de producción.

Analizan el papel del agua en la agricultura encontrando que la producción de biocombustibles afecta a los recursos de agua directamente a través de la extracción de agua para el riego y los procesos industriales de la conversión de materia prima, e indirectamente mediante el aumento de la pérdida de agua por evapotranspiración, que de otra manera estaría disponible en forma de escorrentía y la recarga de aguas subterráneas.

Calculan que la mayor parte de los requerimientos de agua para los cultivos energéticos (alrededor del 80%), son asumidos directamente por las precipitaciones (principalmente en América Latina y Europa).

El 20% restante dependen en gran medida del riego (por ejemplo, el norte de África, Sur de Asia, y las llanuras del norte de China).

Es importante destacar que, en esta investigación, demostraron que la huella hídrica de la energía de la biomasa es cerca de 70 a 700 veces mayor que la de los combustibles fósiles, esto dependiendo del tipo de materia prima y de las condiciones climáticas de la región geográfica donde se produzca.

Ahora bien, los impactos sobre los servicios eco sistémicos relacionados con el recurso hídrico derivados del cultivo de materias primas para biocombustibles no son diferentes de los de otros cultivos agrícolas.

El efecto más directo y visible está relacionado con la agricultura de riego, ya que el retiro de agua de ríos, lagos, lagunas y ciénagas, reduce los caudales, llegando en ocasiones a desaparecer los cuerpos de agua en temporadas secas. Las desviaciones de cauces de los ríos, las construcciones de presas y otras infraestructuras destinadas a retirar agua para fines agrícolas causan alteraciones muy graves a la estructura hidrológica y con ello a los ciclos reproductivos y migratorios de especies hidrobiológicas. Los cambios en la estructura hidrológica, a su vez, afectan los patrones de sedimentación y de inundación, causando importantes impactos en la diversidad biológica y en el bienestar humano.

⁶⁵ BERNDÉS, Göran. Bioenergy and water: the implications of large- scale bioenergy production for water use and supply. En: Global Environmental Change. Diciembre, 2002.vol.12, p.253-271

⁶⁶ CASTIBLANCO, HORTUA, Op.cit., p.5-26

Por otra parte, el drenaje de humedales y turberas para fines agrícolas es una de las principales causas de las pérdidas de estos ecosistemas en el mundo. Existen varios ejemplos de los daños causados a los humedales por la expansión de los biocombustibles. En el sudeste de Asia, los pantanos de turba tropicales han sido degradados por la tala de madera y conversión de bosques a plantaciones de palma aceitera. Adicionalmente, durante la fase industrial de transformación de los biocombustibles, se generan importantes impactos en la calidad del agua por la escorrentía de aguas contaminadas con fertilizantes, pesticidas y herbicidas, que finalmente van a parar sobre los cuerpos de aguas superficiales y las fuentes subterráneas.

De otra parte, cuando se utilizan los recursos hídricos subterráneos se dan cambios en los niveles freáticos que conducen al deterioro de estas aguas, generando problemas colaterales como salinización de los suelos. Existen varios ejemplos de este fenómeno en India, China, México, EE. UU, Australia. En Colombia, a partir de la revisión de expedientes de procesos que adelantan las autoridades ambientales regionales, es posible documentar diversos conflictos generados por el uso del agua en los municipios productores de palma de la región de la Orinoquia.

Los de mayor recurrencia se relacionan con la fase de adecuación de terrenos para la implementación de las plantaciones nuevas de palma o ampliación de las existentes; en estos casos es común encontrar referencias a prácticas como tala de árboles, intervención de moriches, bosques de galería y humedales, así como también la excavación de zanjas de drenaje o construcción de canales de riego, todo esto sin sustentar los correspondientes permisos ambientales.

En las sabanas inundables de Casanare y Meta, por ejemplo, los vecinos de lotes en preparación para los cultivos de palma expresan su preocupación por la alteración irreversible en los flujos y corrientes hídricas superficiales y sub superficiales de las áreas de influencia, lo que ha resultado en fenómenos de anegación por desbordamiento de caños y canales que empiezan a recibir caudales por encima de sus medias normales, debido a los drenajes o a los trasvases entre cuencas.

4.8 MATRIZ DOFA

A continuación, se presenta la matriz DOFA, con esta herramienta se busca identificar aspectos importantes del entorno de los biocombustibles en Colombia, se analizan factores internos, fortalezas y debilidades, y factores externos oportunidades y amenazas (véase Cuadro 3).

Se relacionan cada uno de los efectos directos e indirectos que trae el reducir la brecha de biocombustibles, así como las oportunidades económicas.

En el desarrollo de la herramienta se definen debilidades como el factor que hace vulnerable o actividad que se realiza de forma deficiente, situando en contexto débil el país desde el punto de vista competitivo en comparación con otras industrias, las fortalezas como las habilidades y capacidades que permiten resistir o sobrellevar el dinamismo de la industria, el factor oportunidades, representa elementos potenciales, de crecimiento o de mejoría pero se establece que son de carácter externo , no controlables, al igual que las amenazas, estas representan aspectos negativos y problemas potenciales.

4.9 ANÁLISIS DOFA

Esta herramienta permitió identificar las diferentes estrategias a tener en cuenta para un escenario de reducir la brecha de los biocombustibles en Colombia.

La iteración Fortalezas-Oportunidades, es positiva y analiza las ventajas del sector, se tiene que la favorable trayectoria del sector agroindustrial en la producción de biocombustibles genera gran reconocimiento y dispone oportunidad de inversión para diversos sectores y empresas que busquen participar en este, logrando extender la producción de materia prima para biocombustible en el país y generar de esta forma empleo para las zonas rurales establecidas para estos cultivos, la estrategia a implementar sería, ampliar participación de pequeños y medianos productores en el mercado de biocombustibles.

En el país la cadena de agro alimentos representa un 49% de la exportación minero energética, teniendo en cuenta lo anterior, la producción de materia prima para biocombustible desde un punto competitivamente comercial permite incursionar en el mercado exterior, para ello se establece la estrategia de, apertura de nuevas relaciones comerciales que permitan la exportación minero energética para ampliar participación de producción de materias primas para biocombustibles en el país.

Otro punto importante de este escenario positivo es, el gran potencial agrícola de Colombia, sus características climáticas y recursos se convierten en un foco de inversión que puede explotar estas facultades para generar empleo desde la producción de biocombustible, es posible desarrollar este potencial estableciendo políticas nacionales que permitan atraer inversión para el país poniendo en ventaja la adaptabilidad del territorio en materia de recursos ambientales y mano de obra calificada.

La iteración Fortalezas-Amenazas es analítica y permite poner a prueba las ventajas del país frente a la reducción de la brecha de biocombustibles, dando a conocer estos puntos negativos que son de gran importancia para permitir o no su desarrollo.

Para implementar la producción de biocombustibles en Colombia a gran escala se requiere disponer del recurso hídrico del país, toda la cadena productiva genera impactos negativos a este, para ello es condicional, sancionar cultivos, plantas productoras, distribución u otros implicados en la cadena de biocombustible que generen un deficiente proceso en el tratamiento de residuos y afectación al recurso hídrico.

Otro aspecto es el permitir el uso indiscriminado de extensión de tierra para producir materia prima para biocombustible, puesto que la altura y las necesidades de tierra de la caña de azúcar y la palma aceitera son similares a las necesidades de cultivos de alimentos básicos, de esta forma podrían ser desplazados estos cultivos y otras actividades agropecuarias poniendo en riesgo la seguridad alimentaria del país, la estrategia a implementar será ,establecer normatividad que especifique condiciones para extensiones de tierra en las que es permitido producir materia prima para biocombustible y solicitar a estas organizaciones productoras demostrar la mitigación al impacto ambiental.

La seguridad alimentaria se pondría en riesgo solo si, se desplazan actividades agropecuarias propias de la zona de características de tierra para producción de cultivos de caña o palma y afectación de recurso hídrico, para ello es necesario limitar la expansión de territorio con producción de materia prima para biocombustibles en veras de evitar que esta desplace otros cultivos de similar necesidad.

Es una amenaza también para la biodiversidad del país, expandir la producción de materias primas para biocombustibles, es necesario en este ámbito, persuadir a los inversores del gran compromiso ambiental con el país y de las políticas públicas que establecen diversas sanciones para procesos deficientes que afecten la biodiversidad.

La iteración Debilidades – Oportunidades es alentadora, demuestra la oportunidad de desarrollo en el sector de biocombustible comparado con países de la industria y que necesidades están latentes para lograr una reducción de la brecha.

Actualmente Colombia tiene una mezcla obligatoria de etanol del 8% y biodiesel entre 8 y 10%, esta mezcla dicta en porcentaje que el biodiesel tendrá 8 o 10 % de aceite de palma y el restante de gasolina, así también para el etanol. Brasil, país líder en biocombustibles en el mundo tiene el parque automotor adecuado para recibir una mezcla obligatoria de 100% etanol, así pues, la comparación permite divisar el largo trayecto que implica alcanzar esta mezcla.

El sector agroindustrial colombiano genera más del 20% de empleos en el país, lo que permite aportar más empleos desde la producción de biocombustible, para esto se propone, lograr la suplir la demanda de materia prima para biocombustible necesaria en la mezcla obligatoria, manteniendo y generando empleabilidad.

Se tiene como debilidad otro aspecto, en algunos periodos del año no se supe la demanda interna de etanol y biodiesel para esto es necesario organizar estratégicamente a los pequeños productores de materia prima de biocombustible y permitir su participación en el mercado para subsanar los periodos que presentan bajo rendimiento de parte de las grandes industrias.

La principal razón del uso de biocombustible es aportar con buenas prácticas al medio ambiente, por ello juega un papel importante la sensibilización del ciudadano que hace parte del parque automotor a que tenga preferencia en elegir biocombustible, entonces se debe implementar campañas de sensibilización ambiental de mano de incentivos, políticas nacionales que introduzcan en el mercado un parque automotor apropiado u otros beneficios, para involucrarse en la economía sostenible.

La iteración Debilidades – Amenazas es realista, considera de primera mano las afectaciones que tendrá el medio ambiente tras reducir la brecha de biocombustibles e interroga estas prácticas que favorecen otros aspectos como la industria y la economía.

Lo ideal para combatir estas amenazas serán diferentes estrategias como, permitir en la cadena productiva de biocombustible únicamente a productores que cumplan con la normatividad del uso del recurso hídrico y no asuman malas prácticas.

Establecer la capacidad real del territorio para producción de biocombustible, fijando esta, es necesario limitar el territorio para no generar una expansión indiscriminada que genere una grave afectación en el recurso del suelo.

Reducir los impactos ambientales por medio campañas de sensibilización para consumidores de combustible fósil, involucrando el daño a la biodiversidad del país y haciendo uso de normativas que sancionen malas prácticas industriales del sector.

Acoger la normativa de mezcla obligatoria de forma estratégica haciendo uso de áreas de cultivo con monitoreo y establecimiento de límites que protejan las diferentes actividades de agricultura que pueden ser desplazadas por la expansión de territorio cultivable de materia prima para biocombustibles.

De modo que es un círculo donde los factores que intervienen en afectaciones o beneficios para el país tendrán que ser evaluados periodo tras periodo y tener un gran control sobre este para no permitir problemas que afrontan hoy las grandes industrias de biocombustible, como deforestación y desabastecimiento de su cadena agroalimentaria por sustitución de prácticas que son reemplazadas por importaciones.

Cuadro 3. Matriz DOFA.

DOFA		FORTALEZAS	DEBILIDADES
OPORTUNIDADES	<ul style="list-style-type: none"> • El sector agroindustrial genera más del 20% de empleos en el país, lo que permite aportar más empleos desde la producción de biocombustible. • La cadena de agro alimentos tiene una participación del 49% en exportaciones minero energéticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • El sector agroindustrial del país tiene una importante trayectoria y diferentes gremios implicados en desarrollar los biocombustibles a gran escala. • En la economía del país el sector agroalimentario representa alrededor del 5 % del PIB. • Colombia ofrece gran potencial agrícola, características climáticas y esto es un foco de inversión. 	<ul style="list-style-type: none"> • La mezcla obligatoria del país de etanol es de 8% y biodiesel, en el caso del biodiésel se mantienen las mezclas con diésel (B8 – B10). • La oferta local aun no supe la demanda interna de etanol y biodiesel. • La sensibilización del ciudadano que hace parte del sistema automotor no tiene preferencia en elección de biocombustibles.
		<p>FO• Ampliar participación de pequeños y medianos productores en el mercado de biocombustibles.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apertura de nuevas relaciones comerciales que permitan la exportación minero energética para ampliar participación de producción de materias primas para biocombustibles en el país. • Establecer políticas nacionales que permitan atraer inversión para el país poniendo en ventaja la adaptabilidad del territorio en materia de recursos ambientales y mano de obra calificada. 	<p>DO• Lograr la suplir la demanda de materia prima para biocombustible necesaria en la mezcla obligatoria, manteniendo y generando empleo para el sector agroindustrial.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organizar estratégicamente a los pequeños productores de materia prima de biocombustible y permitir su participación en el mercado para subsanar los periodos que presentan bajo rendimiento de parte de las grandes industrias. • Implementar campañas de sensibilización ambiental de mano de incentivos, políticas nacionales que introduzcan en el mercado un parque automotor apropiado u otros beneficios, para lograr una economía sostenible.
AMENAZAS		<ul style="list-style-type: none"> • Afectación en el recurso hídrico • Afectación en el recurso de suelo y extensión de tierras • Pérdida de la biodiversidad en el país • Afectación en la seguridad alimentaria 	<p>DA• Permitir en la cadena productiva de biocombustible únicamente a productores que cumplan con la normatividad del uso del recurso hídrico y no asuman malas prácticas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer la capacidad real del territorio para producción de biocombustible, fijando esta, es necesario limitar el territorio para no generar una expansión indiscriminada que genere una grave afectación en el recurso del suelo. • Reducir los impactos ambientales por medio campañas de sensibilización para consumidores de combustible fósil, involucrando el daño a la biodiversidad del país y haciendo uso de normativas que sancionen malas prácticas industriales del sector. • Acoger la normativa de mezcla obligatoria de forma estratégica haciendo uso de áreas de cultivo con monitoreo y establecimiento de límites que protejan las diferentes actividades de agricultura que pueden ser desplazadas por la expansión de territorio cultivable de materia prima para biocombustibles.

Fuente. El Autor

4.10 MATRIZ VESTER

A continuación, se presenta la matriz de Vester, es una herramienta de investigación que permite jerarquizar y priorizar problemas. (véase Cuadro 4).

Se confrontan los problemas (variables) entre sí basándose en los siguientes criterios de calificación: 0, 1, 2 y 3.

0: No lo causa

1: Lo causa indirectamente o tiene una relación de causalidad muy débil

2: Lo causa de forma semidirecta o tiene una relación de causalidad media

3: Lo causa directamente o tiene una relación de causalidad fuerte

Para este caso se plantean los siguientes problemas.

- Políticas nacionales:

La mezcla obligatoria para el país, mecanismos de ejecución, las inversiones en materias primas no tradicionales para elaborar biocombustibles y cambios de las exenciones fiscales para biocombustibles.

La mezcla obligatoria dicta los porcentajes de alcohol o aceite vegetal que debe contener el combustible a nivel nacional.

- Producción:

La creciente sensibilidad al aspecto de sostenibilidad de la producción de biocombustibles que se observa en el país, el apoyo de diferentes gremios y sectores económicos.

La producción de materias primas para biocombustibles (caña de azúcar – palma de aceite).

- Demanda:

La demanda se sostiene por la mezcla obligatoria del país y esta crece debido a los precios constantemente bajos de la energía, materia prima y demás cadena productiva.

La demanda de biocombustibles en el país.

- Precio:

Se tiene la relación precios del petróleo y biocombustibles, si el precio del petróleo crudo se duplica durante un periodo esto reduciría la demanda de gasolina y diésel. Manteniendo este mismo escenario los precios de los biocombustibles, al igual que los de las materias primas para su producción, mantendrían una tendencia ascendente.

Precio de biocombustible en el país.

- Emisiones GEI:

El uso de biocombustibles conlleva a menores emisiones de gases de efecto invernadero y/o una menor dependencia energética pero un cambio indirecto, es el riesgo de que los cultivos usados para producir biocombustibles puedan desplazar otras actividades de producción agrícola o pecuaria hacia tierras con coberturas que constituyen reservas de carbono y que finalmente se generen significativas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) procedentes de la conversión de tierras, lo que podría anular cualquier reducción lograda con la implementación de los biocombustibles.

Reducción en emisiones GEI

- Empleo:

Permitir los cambios en las prácticas agrícolas acelera el empleo en áreas rurales para producir materia prima y satisfacer diferentes necesidades de la cadena productiva.

Empleo acelerado en áreas rurales para monocultivos.

- Recurso hídrico:

Los cultivos empleados en la actualidad para la producción de biocombustibles, como la caña de azúcar, el aceite de palma y el maíz, requieren cantidades relativamente elevadas de agua a niveles de rendimiento comerciales.

Afectación en el recurso hídrico del país

- Recurso de suelo:

Unas prácticas de cultivo inadecuadas pueden reducir la materia orgánica del suelo e incrementar la erosión del mismo mediante la eliminación de la cubierta permanente del suelo. La eliminación de residuos vegetales puede reducir el contenido en nutrientes del suelo y aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero debido a la pérdida de carbono del suelo.

Afectación en el recurso de suelo y extensión de tierras del país.

- Recurso biodiversidad:

En general, la biodiversidad silvestre se ve amenazada por la pérdida del hábitat cuando se expande un área destinada a la producción de cultivos, mientras que la biodiversidad agrícola es vulnerable frente al monocultivo en gran escala, basado en un pequeño reservorio de material genético que puede conllevar también la disminución del uso de variedades tradicionales. La primera vía para la pérdida de biodiversidad es la pérdida del hábitat como resultado de la conversión de tierras, como bosques o praderas, para la producción de cultivos.

Pérdida de biodiversidad en el país

- Seguridad alimentaria:

Los productores que migran al sector de biocombustibles abandonan producción de productos básicos de la canasta familiar, la expansión de monocultivos obliga a reducir el cultivo tradicional e indirectamente aumenta los precios de alimentos que no tendrán espacio de producción, de esta manera serán escasos y pasa a ser un problema de seguridad alimentaria.

Afectación en la seguridad alimentaria en el país.

Se obtuvo que,

Cuadro 4. Matriz Vester

Código	Variable	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	INFLUENCIA
P1	Mezcla obligatoria de biocombustibles en el país	0	3	2	2	0	2	3	3	3	3	21
P2	Producción de materias primas para biocombustibles	0	0	2	3	0	3	3	3	3	3	20
P3	Demanda de biocombustibles en el país	0	2	0	3	0	2	3	3	2	2	17
P4	Precio de biocombustibles en el país	0	2	3	0	0	2	0	0	0	0	7
P5	Reducción en emisiones GEI	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
P6	Empleo acelerado en áreas rurales para monocultivos	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	6
P7	Afectación en el recurso hídrico	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	9
P8	Afectación en el recurso de suelo y extensión de tierras	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	9
P9	Perdida de la biodiversidad en el país	0	0	0	0	0	0	3	3	0	1	7
P10	Afectación en la seguridad alimentaria	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	6
DEPENDENCIA		0	13	9	8	0	12	15	15	14	18	

Fuente. El Autor

La clasificación de estos problemas se observa a continuación en la gráfica obtenida, (véase Figura 22).

Problemas pasivos

- Empleo acelerado en áreas rurales para monocultivos
- Perdida de la biodiversidad en el país
- Afectación en la seguridad alimentaria
- Afectación en el recurso de suelo y extensión de tierras
- Afectación en el recurso hídrico

Problemas críticos

- Producción de materias primas para biocombustibles

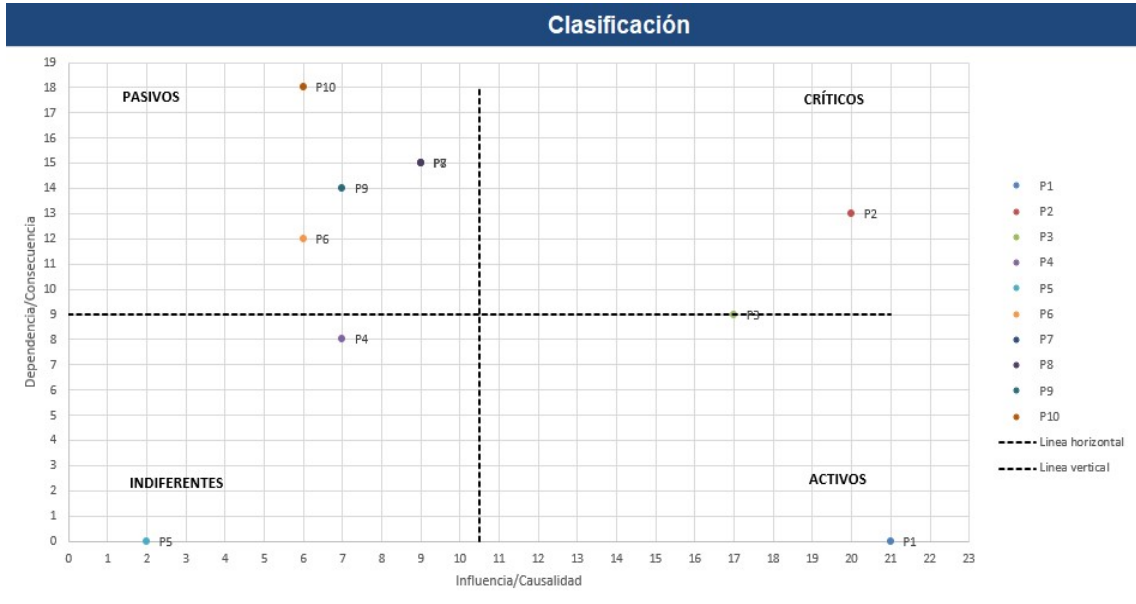
Problemas activos

- Mezcla obligatoria de biocombustibles en el país
- Demanda de biocombustibles en el país

Problemas indiferentes

- Precio de biocombustibles en el país
- Reducción en emisiones GEI

Figura 22. Plano cartesiano obtenido de graficar la matriz Vester.

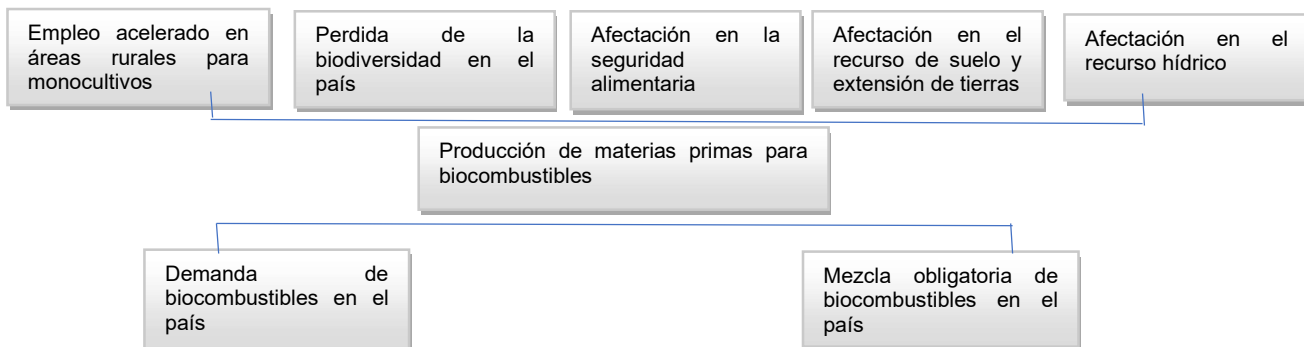


Fuente. El Autor

4.11 ANÁLISIS MATRIZ VESTER

A continuación, se construye desde la matriz Vester un árbol de problemas para jerarquizar los problemas y se tiene que:

Figura 23. Árbol de problemas



Fuente. El Autor

4.12 CUADRANTES DE LA MATRIZ VESTER

El análisis de consistencia de los valores asignados en el análisis relacional. Consiste en que, si más del 30% de las ponderaciones corresponden al valor 3, el sistema emitirá un aviso de inconsistencia, de lo contrario el sistema arrojará un aviso de consistencia. Para tal efecto, el Sistema analiza los problemas en base a su nivel de influencia y dependencia. Sobre este conjunto de problemas se realizará la distinción planteada anteriormente, tal como se muestra a continuación,

Total de ponderaciones asignadas	100
Nº de ponderaciones con valor 3	27

Se obtuvo que la variable “Producción de materias primas para biocombustibles”, se sitúa en el cuadrante crítico. Este tiene un total de activos y pasivos altos.

Los problemas pasivos tienen un alto total de pasivo y bajo total de activo. Estos problemas representan poca influencia causal, pero es posible intervenir los problemas activos para que los pasivos sean solucionados o mermados. Están en este cuadrante, “Empleo acelerado en áreas rurales para monocultivos”, “Pérdida de la biodiversidad en el país”, “Afectación en la seguridad alimentaria”, “Afectación en el recurso de suelo y extensión de tierras” y “Afectación en el recurso hídrico”, estos problemas son efectos del problema central o crítico en este caso “Producción de materias primas para biocombustible”

Los problemas indiferentes presentan un bajo total de activos y pasivos, es decir, ni causan a otros ni son causados. Se consideran de baja prioridad dentro del sistema analizado. Este cuadrante obtuvo, “Precio de biocombustibles en el país” y “Reducción en emisiones GEI”, estos son estructurales pues posteriormente pueden considerarse supuestos para el cumplimiento de los objetivos planteados.

Los problemas activos se encuentran en el cuarto cuadrante y presentan un alto total de activos y bajo total de pasivos. No son causados por otros, pero influyen mucho en los otros criterios. Se consideran causa principal de la situación problema “Mezcla obligatoria de biocombustibles en el país” y “Demanda de biocombustibles en el país”, estos son problemas activos del problema central, en este caso “Producción de materias primas para biocombustible”.

4.13 MATRIZ DE VESTER VS MATRIZ DOFA

En la matriz de Vester se ubica como problema crítico y central la “Producción de materias primas para biocombustible”, las causas o generadores de este problema son “Mezcla obligatoria de biocombustibles en el país” y “Demanda de biocombustibles en el país” lo cual permite analizar el comportamiento económico del producto, si bien existe una norma estipulada que partiendo de esta se hace la producción y ligado a esto se encuentra la demanda del mercado del mismo producto.

Se trae entonces a discusión el principio de la producción bajo demanda, extender altos niveles de producción aseveran los demás problemas involucrados.

5. CONCLUSIONES

Los biocombustibles incursionan como un factor adicional que intensifica la competencia por el agua y la tierra, se calcula que alrededor del 1% de toda el agua extraída para fines agrícolas se utiliza para el riego de materias primas.

La razón por la cual los cambios indirectos que trae el reducir la brecha de biocombustible constituyen una preocupación relevante radica en el riesgo de que los cultivos usados para producir biocombustibles puedan desplazar otras actividades de producción agrícola o pecuaria hacia tierras con coberturas que constituyen reservas de carbono y que finalmente se generen significativas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) procedentes de la conversión de tierras, lo que podría anular cualquier reducción lograda con la implementación de los biocombustibles.

La investigación permitió identificar que en la actualidad la decisión de invertir en la producción de biocombustibles se motiva por la búsqueda de seguridad energética y disminución de emisiones GEI principalmente, y la preocupación por el diseño de cadenas de suministro de biocombustibles que integre beneficios económicos, ambientales y sociales mediante la optimización matemática es reciente.

La seguridad alimentaria se pondría en riesgo solo si, se desplazan actividades agropecuarias propias de la zona de características de tierra para producción de cultivos de caña o palma y afectación de recurso hídrico, para ello es necesario limitar la expansión de territorio con producción de materia prima para biocombustibles en veras de evitar que esta desplace otros cultivos de similar necesidad.

Con la herramienta matriz de Vester se obtuvo que las variables, Empleo acelerado en áreas rurales para monocultivos, Pérdida de la biodiversidad en el país, Afectación en la seguridad alimentaria, Afectación en el recurso de suelo y extensión de tierras, Afectación en el recurso hídrico, son efectos del problema crítico en este caso la producción de materias primas, pero es posible intervenir estos problemas para sean solucionados o mermados.

La herramienta DOFA permitió analizar que, es necesario establecer la capacidad real del territorio para producción de biocombustible, fijando esta, es necesario limitar el territorio para no generar una expansión indiscriminada que genere una grave afectación en el recurso del suelo.

5 RECOMENDACIONES

Se debe asumir un enfoque preventivo en el diseño de políticas. Si bien es cierto que este enfoque no asegura que los impactos negativos de los cambios indirectos no aparecerán, sí permite reducir la probabilidad de eventos adversos, ya que supone la capacidad de identificar el nivel correcto de los requisitos de sostenibilidad y de los umbrales críticos de emisiones de GEI.

Actualmente Colombia tiene una mezcla obligatoria de etanol del 8% y biodiesel entre 8 y 10%, esta mezcla dicta en porcentaje que el biodiesel tendrá 8 o 10 % de aceite de palma y el restante de gasolina, así también para el etanol. Brasil, país líder en biocombustibles en el mundo tiene el parque automotor adecuado para recibir una mezcla obligatoria de 100% etanol, así pues, la comparación permite divisar el largo trayecto que implica alcanzar esta mezcla.

Lo ideal sería acoger la normativa de mezcla obligatoria de forma estratégica haciendo uso de áreas de cultivo con monitoreo y establecimiento de límites que protejan las diferentes actividades de agricultura que pueden ser desplazadas por la expansión de territorio cultivable de materia prima para biocombustibles.

BIBLIOGRAFÍA.

ASOCAÑA." El sector azucarero colombiano en la actualidad". {En línea}. {21 febrero de 2020} disponible en: (<https://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>).

BARON, Manuel. HUERTAS, Isaac. ORJUELA, Javier. Gestión de la cadena productiva del biodiesel: una revisión de la literatura. Bogotá: Ingeniería, 2013. 84p.

Biocombustibles, medio ambiente, tecnología y seguridad alimentaria. Mayo, 2009.vol 30, no.1

Bioenergy and water: the implications of large- scale bioenergy production for water use and supply.2002.vol.12

Biofuels and indirect land use change. The case for mitigation. Londres. 2011.

Caracol Radio Nacional. Colombia emite 237 millones de toneladas de dióxido de carbono. Caracol Radio, (Sept,2019). 1p.

CASTIBLANCO, Carmenza. HORTUA, Sonia. Paradigma energético de los biocombustibles y sus implicaciones: panorama mundial y el caso colombiano. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Instituto de Estudios Ambientales y Rurales.2012.5-26 p.

CHANDEL, Anuj K. GONCALVES, Bruna C.M. STRAP, Janice L. DA SILVA, Silvio S. Biodelignification of lignocellulose substrates: An intrinsic and sustainable pretreatment strategy for clean energy production. Academic Search Complete (EBSCO host) (Sept.2015), 13p.

CHOPRA, Sunil. MEINDL, Peter. Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación. 3 ed. Naucalpan de Juárez: Pearson educación, 2008.552p.

Ciencia Hoy. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. 2005.

CIFOR. The impacts and opportunities of oil palm in Southeast Asia: What do we know and what do we need to know? Bogor.Enero, 2005.no.51

COLOMBIA. CONPES (CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL). Documento 3943. (31, julio 2018). POLÍTICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE. Bogotá, 2018.9p.

CORTES, Elkin, A. VELASQUEZ, Héctor J. MORENO, Edilson L. BIOCOMBUSTIBLES: BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS. Revista CES, (2011). 1p.

DE LA ARADA, Mercedes. Optimización de la cadena logística. 2 ed. Santiago de Compostela: Ediciones Paraninfo, 2019.185p.

DE-XING, Peng. Effects of Biofuels (Methanol, Ethanol and Butanol) on Internal Combustion Engine Performance and Exhaust Emissions. Chemistry & Technology of Fuels & Oils (Mar, 2018), 8p.

EGE, Seyhan. Química Orgánica. Barcelona: Editorial Reverté, S.A., 2000. 464p.

El aceite de palma "sostenible" impulsa la deforestación Cultivo de agrocombustibles, cultivo de agrocombustibles, el cambio indirecto del uso de la tierra y las emisiones. Brussels. Septiembre, 2010

Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. Parte dos: sistema energético basado en energías alternativas. 2002. Vol. 7, no. 1-2

Energías Renovables. España, una de las principales beneficiadas por los nuevos aranceles al biodiésel de Indonesia. {En línea}. {02 abril 2020} disponible en:
(<https://www.energias-renovables.com/biocarburantes/espana-una-de-las-principales-beneficiadas-por-20190902>).

Energy Policy. Are biofuels a feasible option? Enero, 2009, vol.37, no.1

FALASCA, Silvia. Cultivos energéticos para biocombustibles de 1ª y 2ª generación: la aptitud agroclimática Argentina. Editorial Académica Española, 2012. 218p.

FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). BIOCOMBUSTIBLES: PERSPECTIVAS, RIESGOS Y OPORTUNIDADES: Efectos de los biocombustibles en el medio ambiente. Roma, 2008.

FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). BIOCOMBUSTIBLES: PERSPECTIVAS, RIESGOS Y

OPORTUNIDADES: Efectos en la pobreza y seguridad alimentaria. Roma, 2008.

FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). BIOCOMBUSTIBLES: PERSPECTIVAS, RIESGOS Y OPORTUNIDADES: El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma, 2008.

Fedebiocombustibles. “¿Cuál es la participación de los biocombustibles en la matriz de los combustibles para el transporte en Colombia?” {En línea}. Fecha. {18 febrero de 2020}. Disponible en: (<https://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-923.htm>).

Fedebiocombustibles. Empresa holandesa analiza la construcción de una planta de etanol en Filipinas. {En línea}. {02 abril 2020} disponible en: (<https://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-927.htm>).

FEDEPALMA.” La palma de aceite en Colombia”. {En línea}. {04 febrero de 2020} disponible en: (<http://web.fedepalma.org/la-palma-de-aceite-en-colombia-departamentos>).

GEREFFI, Gary. KORZENIEWICZ, Miguel. The Organization of Buyer-Driven Global Commodity Chains: How U.S. Retailers Shape Overseas Production Networks. Londres: Praeger Publisher, 1994. 99p.

High-yield oil palm expansion spares land at the expense of forests in the Peruvian Amazon. Diciembre,2011.

HUANG, Yongxi Eric. FAN, Yueyue.CHEN, Chien-Wei. An Integrated Biofuel Supply Chain to Cope with Feedstock Seasonality and Uncertainty. Transportation Science. (Nov, 2014),15p.

INFANTE, Arturo, TOBÓN, Santiago. BIOENERGÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE Políticas públicas sobre biocombustibles y su relación con la seguridad alimentaria en Colombia. 1 ed. Roma: FAO, 2010. 112p.

Infobae. India y Brasil pactan lazos en biocombustibles y otras áreas. {En línea}. {02 abril 2020} disponible en:(<https://www.infobae.com/america/agencias/2020/01/25/india-y-brasil-pactan-lazos-en-biocombustibles-y-otras-areas/>).

JOBE, Joe. Perspectives of Biodiesel in the United States of America. En: Revista Palmas. Vol.1.No 37 (2016); 106p.

Los biocombustibles. Septiembre, 2009. Vol.1, no. 157

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Análisis de impacto normativo. Bogotá: 2019.23p.

NAREDO, José Manuel. Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible .14 ed. Madrid: Cuadernos de investigación urbanística, 2014. 1p.

OCDE-FAO. Perspectivas Agrícolas 2019/2028. Paris: Food & Agriculture Org, 2019.344p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2017/2026.Paris: Editions OCDE, 2017.149p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2019/2028.Paris: Food & Agriculture Org, 2019.344p.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Perspectivas Agrícolas 2017-2026. 13 ed. Paris: Editions OCDE, 2017. 152p.

PALOMINO, Marcelo. BlueDiésel, el nuevo combustible ecológico. {En línea}. {02 abril de 2020} disponible en:
(<https://noticias.autocosmos.com.co/2019/05/03/bluediesel-el-nuevo-combustible-ecologico>).

Periódico de la energía. Indonesia apuesta por el biodiesel con aceite de palma para limitar los costes de las importaciones de petróleo. {En línea}. {02 abril de 2020} disponible en:
(<https://elperiodicodelaenergia.com/indonesia-apuesta-por-el-biodiesel-con-aceite-de-palma-para-limitar-los-costes-de-las-importaciones-de-petroleo/>).

Revista colombiana de geografía. The ethanol production in Brazil: an example for latin american countries? 2012, vol. 21, no 1

RICO, Javier. Francia elimina la condición de biodiésel al producido con aceite de palma. {En línea}. {02 abril de 2020} disponible en:
(<https://www.energias-renovables.com/biocarburantes/francia-elimina-la-condicion-de-biodiesel-al-20190111>).

ROMÁN ORTEGA, Francisco. Diccionario de Medio Ambiente y materias afines. Madrid: FUNDACION CONFEMETAL, 1999. 103p, 132p, 152p, 178p, 304p.

SANTIAGO, Christian. MARQUES B. Janaina S. MARTINS S, Marcelo. The "Indy way": lessons from brazilian sugar-cane biofuel supply chain. Journal of Operations and Supply Chain Management. Sao Paulo : (Jul, 2017), 12p.

SERNA, Fabiola. BARRERA, Luis. MONTIEL, Héctor. IMPACTO SOCIAL Y ECONOMICO EN EL USO DE BIOCOMBUSTIBLES. Journal of Technology Management & Innovation, (2011). 1p.

SILVA, Eduardo. ESCOBAR, Jose. GARCIA, Jesus. BARRERA, Juan. Bioenergy and Biorefineries for Sugar Cane and Oil Palm. En: Revista Palmas. (2016), 15p.

Spatially explicit scenario analysis for reconciling agricultural expansion, forest protection, and carbon conservation in Indonesia. Zürich. Junio, 2010.

STATISTA.Energía {En línea}. {29 marzo, 2020}.disponible en: (<https://es.statista.com/estadisticas/635731/produccion-global-de-biocombustibles-distribuida-proporcionalmente-por-paises/>)

Sugar cane and land use change in Brazil: Biofuel crops, indirect land use change and emissions. Brussels. Agosto, 2010

TAPIA, Lina. ACEVEDO, Jaime. ARAMENDIZ, Hermes. ARARAT, Jaime. La sostenibilidad en el diseño de cadenas de suministro de biocombustibles. En: Revista Ingenierias.Vol.;14.No.26(2015);208p.

TAVARES, Helena. El informe anual de Biocombustibles de Canadá muestra que el consumo de biocombustibles aumenta. {En línea}. {02 abril 2020} disponible en: (<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/08/18/annual-biofuels-canada-report-shows-biofuel-consumption-up/>).

The future expansion and consequences of oil palm plantations for biodiesel production in Colombia. Marzo, 2013

The Global Derivates Magazine. Biofuels: Facing the new environmental challenges. Business Source Complete (EBSCO host). (Jul, 2008); 22p.

The water footprint of bio-energy: global water use for bio-ethanol, biodiesel, heat and electricity. 2008.no.34

UNESCO. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). En: UNESCO.vol.3, 16. p

VICÉN CARREÑO, Marta. Diccionario de Términos Ecológicos. Madrid: Paraninfo, S.A., 1996. 17p, 39p, 43p, 58p, 66p, 142p, 100p.

XINHUANET.China planea uso nacional de bioetanol en 2020. {En línea}. {02 abril de 2020} disponible en:
(http://spanish.xinhuanet.com/2017-09/13/c_136606276.htm).